การให้บริการ

สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน
(องค์การมหาชน)

SYNCHROTRON
THAILAND
NATIONAL LAB

ปี พ.ศ. 2563

คำนำ

สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน) (สซ.) เป็นหน่วยงานภายใต้กำกับของกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม โดยมีพันธกิจเพื่อการวิจัยเกี่ยวกับแสงซินโครตรอนและการใช้ประโยชน์จากแสงซินโครตรอน การให้บริการแสงซินโครตรอนและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง อีกทั้งดำเนินการส่งเสริมการถ่ายทอดและการเรียนรู้เทคโนโลยีแสงซินโครตรอน ทั้งนี้ สถาบันฯ มุ่งมั่นในการดำเนินการสนับสนุนงานวิจัยให้กับหน่วยงานภาครัฐและเอกชนเพื่อให้สอดคล้องกับนโยบายการพัฒนาของประเทศ

เนื้อหาในหนังสือเล่มนี้ เป็นการรวบรวมการให้บริการของสถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน) เพื่อให้ผู้เข้ามาใช้บริการได้รับทราบรายละเอียดในเบื้องต้น และสามารถติดต่อขอใช้บริการได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว โดยสถาบันฯ มีความพร้อมในการให้บริการที่หลากหลาย ได้แก่

1. บริการแสงซินโครตรอน
2. บริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์พื้นฐาน
3. บริการวิจัยตอบโจทย์
4. บริการเทคนิคและวิศวกรรม
5. บริการที่ปรึกษา
6. บริการอื่น ๆ เช่น การถ่ายเทคโนโลยี การจัดอบรม สัมมนา เป็นต้น

โดยเน้นการให้บริการแบบเบ็ดเสร็จ (Total Solution) เพื่อช่วยแก้ปัญหาในกระบวนการผลิต การคิดค้น และพัฒนาผลิตภัณฑ์แก่กลุ่มงานวิจัยต่าง ๆ เช่น การเกษตร อาหาร ยา และเครื่องสำอาง ยางและพอลิเมอร์ โลหะ อิเล็กทรอนิกส์ การผลิตชิ้นส่วนจุลภาค (ชิ้นส่วนขนาดจิ๋ว) อัญมณี และด้านการแพทย์ นำไปสู่การสร้างสรรค์นวัตกรรม และสร้างมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจให้กับประเทศ

สารบัญ

05 การให้บริการแสงซินโครตรอน

06 Beamline 1.1W : ระบบลำเลียงแสงพหุเทคนิครังสีเอกซ์ Multiple X-ray Techniques (MXT)

10 Beamline 1.2W : ระบบลำเลียงแสงและสถานีถ่ายภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สามมิติ X-ray Imaging & X-ray Tomographic Microscopy (XTM)

14 Beamline 1.3W : ระบบลำเลียงแสงการกระเจิงรังสีเอกซ์มุมแคบ/กว้าง Small / Wide Angle X-ray Scattering (SAXS / WAXS)

16 Beamline 2.2 : ระบบลำเลียงแสงวัดการดูดกลืนรังสีเอกซ์แบบย่นเวลา (บอนน์-มทส.-สซ.) Time-resolved X-ray Absorption Spectroscopy (TRXAS)

18 Beamline 3.2Ua : ระบบการลำเลียงแสงการปลดปล่อยอิเล็กตรอน Photoelectron Emission Spectroscopy (PES)

22 Beamline 3.2Ub : ระบบการลำเลียงแสงการถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนโฟโตอิมิสชั่น Photoelectron Emission Microscopy (PEEM)

24 Beamline 4.1 : ระบบลำเลียงแสงการดูดกลืนรังสีอินฟราเรด Infrared Spectroscopy and Imaging (IR)

28 Beamline 5.1WB : ระบบลำเลียงแสงอาเซียน XAS - ASEAN (IAEA supported)

30 Beamline 5.2 : มทส. - นาโนเทค - สซ. เทคนิคสเปกโตรสโกปีการดูดกลืนรังสีเอกซ์ X-ray Absorption Spectroscopy (SUT-NANOTEC-SLRI XAS Beamline)

34 Beamline 5.3 : มทส. - นาโนเทค - สซ. เทคนิคสเปกโตรสโกปีโฟโตอิเล็กตรอนโดยรังสีเอกซ์ X-ray Photoelectron Emission Spectroscopy (SUT-NANOTEC-SLRI XPS Beamline)

38 Beamline 6 : ระบบลำเลียงแสงการอาบรังสีเอกซ์ Deep X-ray Lithography (DXL)

41 Beamline 7.2W : ระบบลำเลียงแสงผลึกศาสตร์ Macromolecular Crystallography (MX)

44 Beamline 8 : ระบบลำเลียงแสงสเปกโตรสโคปีการดูดกลืนรังสีเอกซ์ X-ray Absorption Spectroscopy (XAS)

48 การให้บริการระบบคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูง

50 การให้บริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์

51 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด : Scanning Electron Microscope (SEM): FEI, QUANTA 450

52 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน : Transmission Electron Microscope : Thermo Scientific รุ่น TALOS F200X

54 กล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม : Atomic Force Microscope (AFM) : Park systems NX10

56 FTIR Spectrometer, Bruker Tensor 27 FTIR-Microscope,Bruker Hyperion 3000

58 FT-RAMAN spectrometer, Bruker MultiRAM Raman & Dispersive Raman Microscope, Bruker Senterra II dispersive Raman

60 Laser Ablation Inductive Couple Plasma Mass Spectrometer (LA-ICP-MS), Thermo: iCAP Q ICP-MS with ESI's IVA™: NWR021 laser ablation

62 เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนต์ แบบกระจายความยาวคลื่น Wavelength Dispersive X- Ray Fluorescence (WDXRF), Rigaku ZSX Primus IV

64 เครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ X-Ray Diffractometer (XRD), Rigaku SmartLab

66 ชุดเครื่องวิเคราะห์มวลของสารชีวโมเลกุล MALDI-TOF/TOF imaging: BRUKER รุ่น Autoflex maX TOF/TOF

68 การให้บริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

68 เครื่องทดสอบการซึมผ่านแนวตั้ง Franz Diffusion Cell (FDC): Hanson, Vision G2, Automated diffusion testing

70 เครื่องโครมาโทกราฟีเหลวสมรรถนะสูง (High Performance Liquid Chromatography (HPLC) : Thermo Scientific รุ่น Dionex Ultimate 3000 System)

72 เครื่องแยกสารด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟฟีเหลว และวิเคราะห์มวลแบบประสิทธิภาพสูง (High Resolution LC-MS/MS: Thermo Scientific รุ่น Q EXACTIVE Plus Orbitrap LC-MSMS System)

74 เครื่องแยกสารด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟฟีและวิเคราะห์มวลแบบประสิทธิภาพสูง Gas Chromatography-Mass Spectrometer: Thermo Scientific รุ่น TRACE 1300- TSQ8000

76 เครื่องวิเคราะห์หาน้ำหนักโมเลกุล Gel Permeation Chromatography (GPC)

78 เครื่องวิเคราะห์คุณสมบัติการไหล (Rheometer) รุ่น HAAKE MARS 40

80 เครื่องตรวจวัดการดูดกลืนแสง, ส่องผ่านแสง และการสะท้อนแสง UV-Vis-NIR

82 เครื่องวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางความร้อน Differential Scanning Calorimeter (DSC)

84 เครื่องจำลองระบบย่อยอาหารของมนุษย์ Artificial digestive system: Tiny TIM

85 เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยระดับห้องปฏิบัติการ Mini Spray Dryer : Buchi Mini Spray Dryer B-290

88 เครื่องทำปฏิกิริยาในห้องปฏิบัติการ Laboratory Reactor: IKA® LR 1000 basic

89 เครื่องตัดตัวอย่างแบบบาง Rotary Microtome Leica: RM2245

90 เครื่องตัดตัวอย่างแบบบางที่อุณหภูมิต่ำ Cryotome Leica: Cryostat CM1950

91 เครื่องปั่นเหวี่ยงความเร็วสูง High Speed Centrifuge (Sorvall LYNX 4000 super speed centrifuge)

92 เครื่องวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก และสมบัติทางความร้อน Simultaneous Thermal Analyzer: STA

94 บริการวิจัยตอบโจทย์

95 บริการเทคนิคและวิศวกรรม

96 งานพัฒนาระบบเชิงกล และงานการผลิต

97 งานระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ และงานระบบควบคุม

98 เทคโนโลยีสุญญากาศเพื่ออุตสาหกรรม

101 บริการตรวจสอบขนาดและรูปร่างทางเรขาคณิตของชิ้นงาน

102 บริการพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติและประมวลผล

103 บริการผลิตปั๊มสุญญากาศแบบสปัตเตอร์ไอออน

104 การให้บริการเชื่อมแล่นประสานโลหะในสภาวะสุญญากาศ

105 การให้บริการทดสอบสภาวะการทำงานของดาวเทียมวิจัยอวกาศและวัสดุในสภาวะสุดโต่ง

106 บริการที่ปรึกษา

107 บริการอื่น ๆ

108 กลุ่มอุตสาหกรรมที่ให้บริการ

110 การให้บริการแบบเบ็ดเสร็จ (Total Solution)

112 ขั้นตอนการขอรับบริการภาควิชาการ

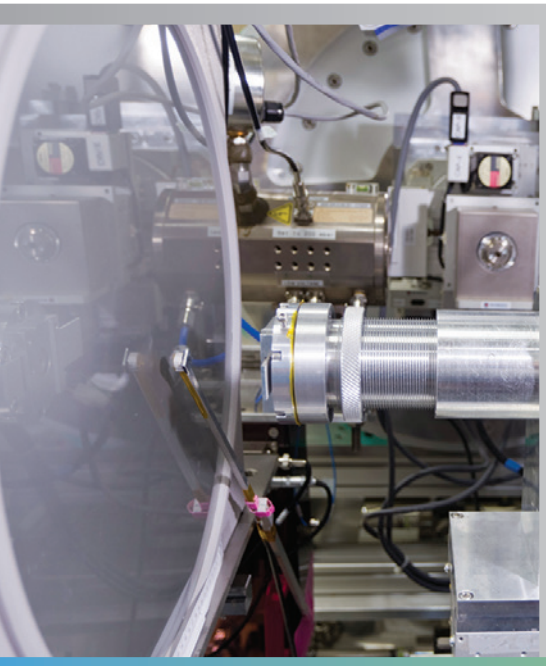
113 ขั้นตอนการขอรับบริการภาคเอกชน

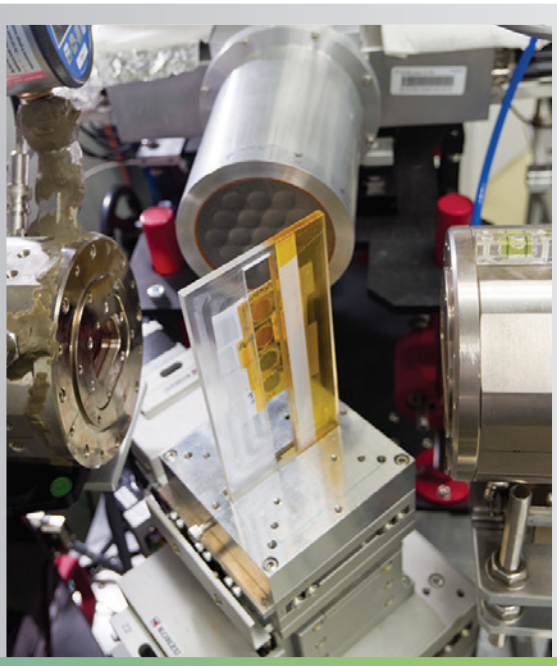
BL5:X
SUT-N
XAS

การให้บริการแสงซินโครตรอน

แสงซินโครตรอน เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเช่นเดียวกับแสงที่มาจากดวงอาทิตย์ แต่แสงซินโครตรอนนั้นคือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากอนุภาคที่มีประจุ เช่น อิเล็กตรอน ที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงเกือบเท่าความเร็วแสง และถูกบังคับให้เลี้ยงโค้งด้วยสนามแม่เหล็ก ทำให้อิเล็กตรอนสูญเสียพลังงานบางส่วนและปลดปล่อยออกมาในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่เรียกว่า "แสงซินโครตรอน" นักวิทยาศาสตร์ได้นำแสงซินโครตรอนมาใช้ประโยชน์เพื่อการวิเคราะห์โครงสร้างของสสารในระดับที่ตามองไม่เห็น นั่นคือโมเลกุลหรืออะตอม เพื่อนำไปสู่การไขความลับในงานวิจัย การพัฒนาผลิตภัณฑ์ การแก้ไขปัญหา ก่อให้เกิดองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ต่อไป

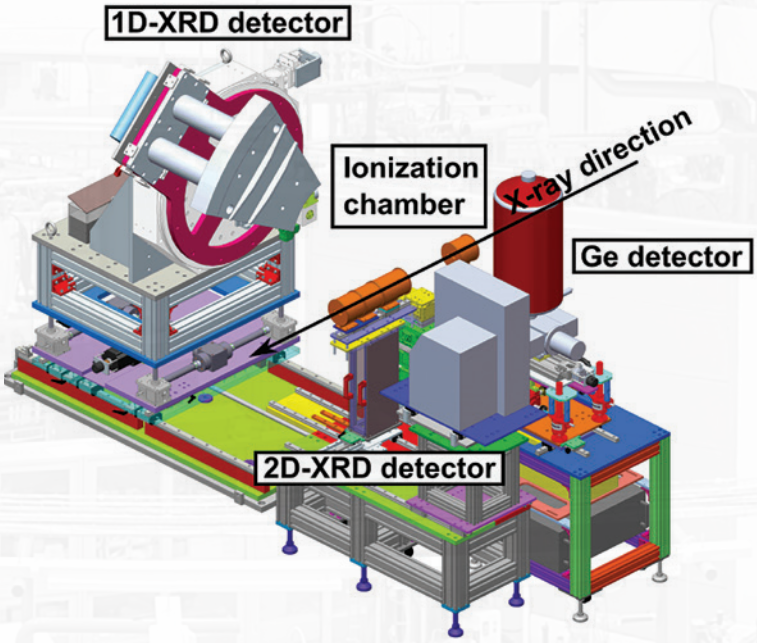
ปัจจุบันห้องปฏิบัติการแสงสยาม มีความพร้อมในการให้บริการแสงซินโครตรอน 12 ระบบลำเลียงแสง 13 สถานีทดลอง ซึ่งครอบคลุมเทคนิคและการประยุกต์ใช้ในงานวิจัยต่าง ๆ ดังนี้





Beamline 1.1W: ระบบลำเลียงแสงพหุเทคนิครังสีเอกซ์

Multiple X-ray Techniques (MXT)



ระบบลำเลียงแสงที่ 1.1W: MXT ประกอบด้วย 3 สถานีทดลองเพื่อให้บริการเทคนิค X-ray diffraction (XRD), X-ray Absorption Spectroscopy (XAS) และ X-ray fluorescence (XRF) โดยข้อมูลทางโครงสร้างที่ได้จากเทคนิค XRD เป็นข้อมูลทางโครงสร้างในภาพกว้าง ส่วนข้อมูลทางโครงสร้างที่ได้จากเทคนิค XAS เป็นข้อมูลทางโครงสร้างเฉพาะส่วนที่อยู่ใกล้เคียงกับชนิดของอะตอมที่สนใจทำการศึกษา และเทคนิค XRF ให้ข้อมูลชนิดของธาตุองค์ประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่าง การบูรณาการข้อมูลจากทั้งสามเทคนิคมาวิเคราะห์ร่วมกันจึงทำให้เข้าใจโครงสร้างของสารตัวอย่างที่สนใจได้หลายมิติขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อทำการทดลองแบบ in-situ

หลักการทางเทคนิค

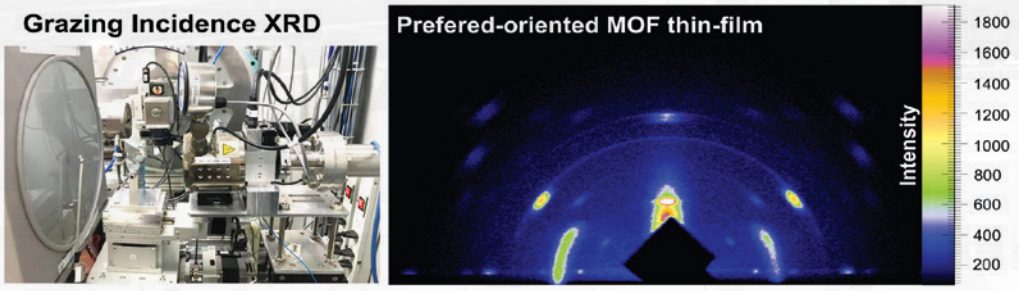
ข้อมูลที่ได้จากเทคนิค XRD, XAS และ XRF	
XRD	Crystal phase, Crystallite size, Crystallinity Refined crystal parameters and atomic coordinates Residual stress
XAS	Oxidation state, Site symmetry, Local coordination environment, Speciation
XRF	Qualitative and quantitative elemental analysis

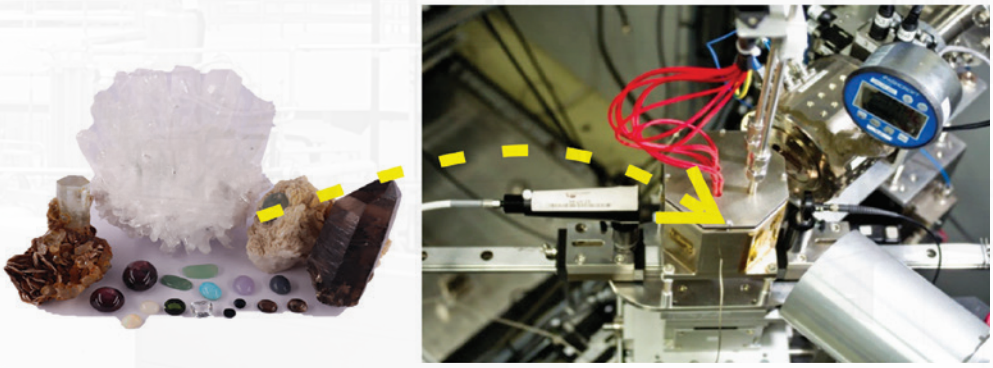
ข้อมูลทางเทคนิค (Technical Specification)

Radiation Source	Multipole Wiggler
X-ray energy	4 – 18 keV for XAS and XRF 8 – 15 keV for XRD
Photon flux	10^{7}-10^{10} phs/sec (@ 100 mA)
Energy resolution	10^{-4}
Beam size (H x V)	6 mm x 3 mm for XAS and XRF 6 mm x 0.3 mm for 1D-XRD 1 mm x 0.3 mm for 2D-XRD
Detectors	Ionization chamber for XAS 19-element Ge detector for XAS and XRF Mythen for 1D-XRD (scattering angle coverage: 5° – 150°) Mar345 Image Plate for 2D-XRD (scattering angle coverage: 6° – 100°)
Sample environment	A furnace for XAS with maximum temperature of 750° C Dome hot stage for XRD with maximum temperature of 1100° C

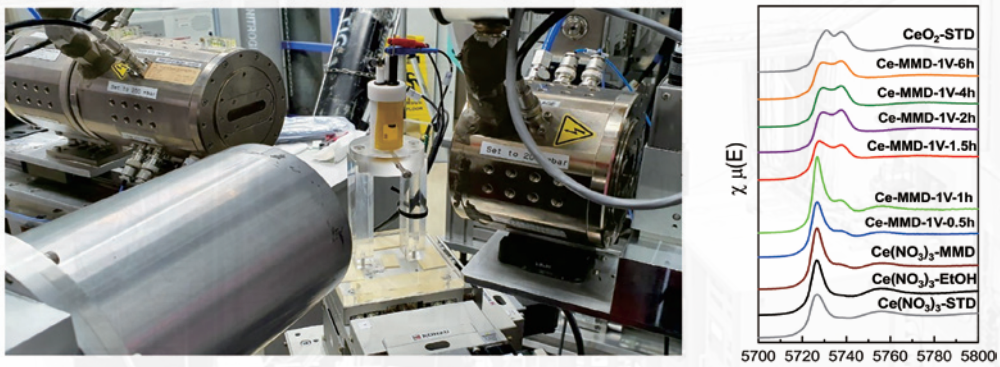
ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ในงานวิจัย

ความเข้มและความขนานของรังสีเอกซ์จากซินโครตรอนรวมกับหัววัดประสิทธิภาพสูงช่วยเพิ่มคุณภาพผลการทดลองจากเทคนิค XRD โดยผลของเทคนิค powder XRD ที่ได้จากสถานีทดลอง XRD ที่ระบบลำเลียงแสงที่ 1.1 สามารถนำไปทำ Rietveld refinement ได้ อีกทั้งการทดลองยังสามารถทำในแบบ grazing incident เพื่อใช้ศึกษาโครงสร้างบนพื้นผิว เช่น ฟิล์มบาง ส่วนเทคนิค XAS นั้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานวิจัยได้หลากหลายด้าน โดยเฉพาะด้านวิทยาศาสตร์พื้นพิภพ และวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม เนื่องจากสามารถทำการทดลองกับสารตัวอย่างที่ไม่เป็นผลึก และสารตัวอย่างที่มีองค์ประกอบทางเคมีซับซ้อน นอกจากนั้นเทคนิค XAS ยังเหมาะกับการวัดธาตุที่มีความเข้มข้นต่ำในสารตัวอย่าง เช่น สารเจือในตัวเร่งปฏิกิริยาหรือในโพลิเมอร์ หรือเฟสปริมาณเล็กน้อยในโลหะ นอกจากนั้นสถานีทดลองยังรองรับการทดลองแบบ in-situ แบบเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ



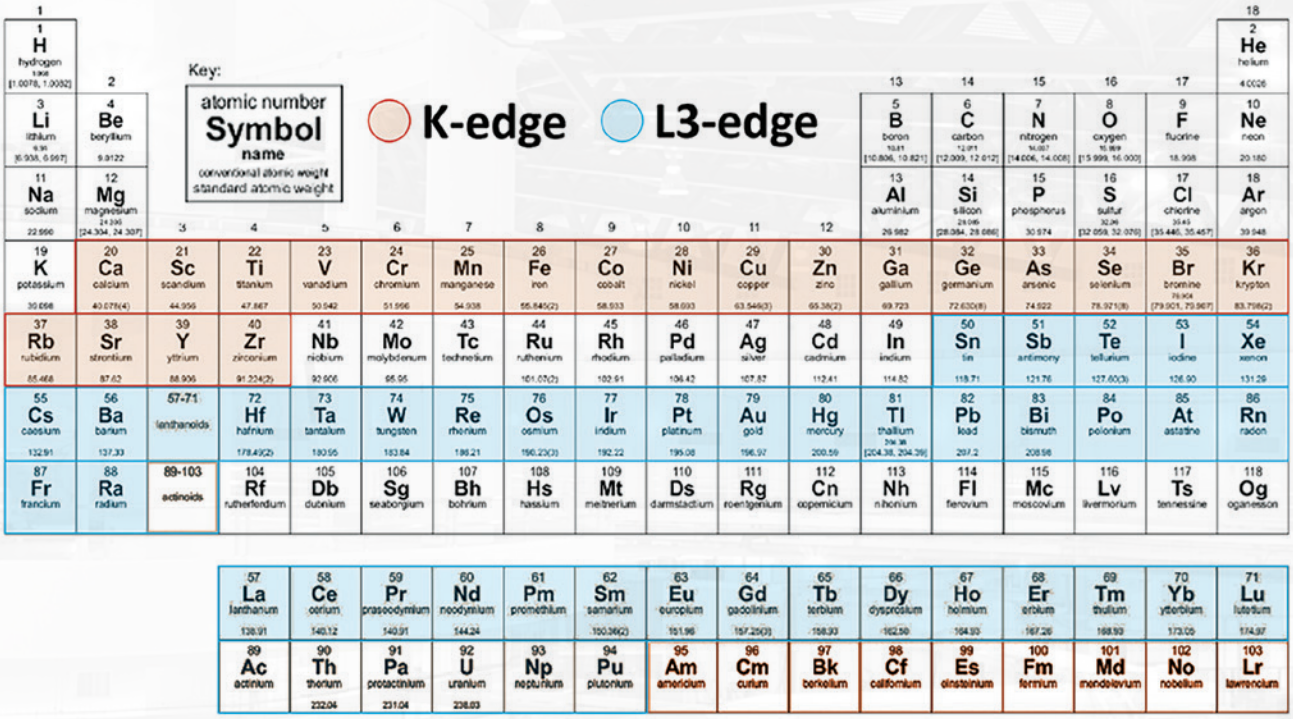


Revealing local structures of trace elements in Gems by XAS



Probing oxidation state change during electrochemical reactions by combined amperometry-XAS

ตารางแสดงชนิดของธาตุที่สามารถตรวจวัดได้ ด้วยเทคนิค XAS

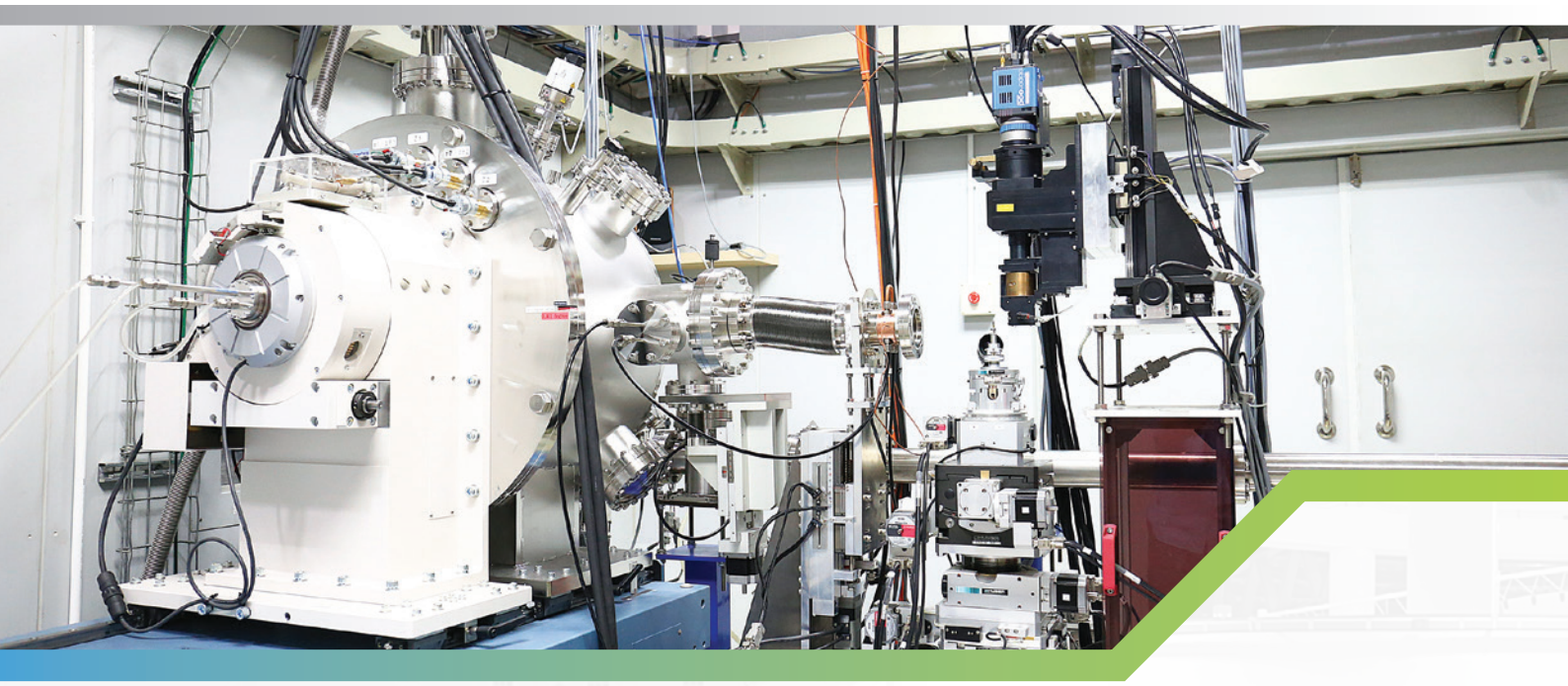


ติดต่อผู้ดูแลระบบลำเลียงแสง

ดร.แพร จิรวัฒน์กุล prae@slri.or.th

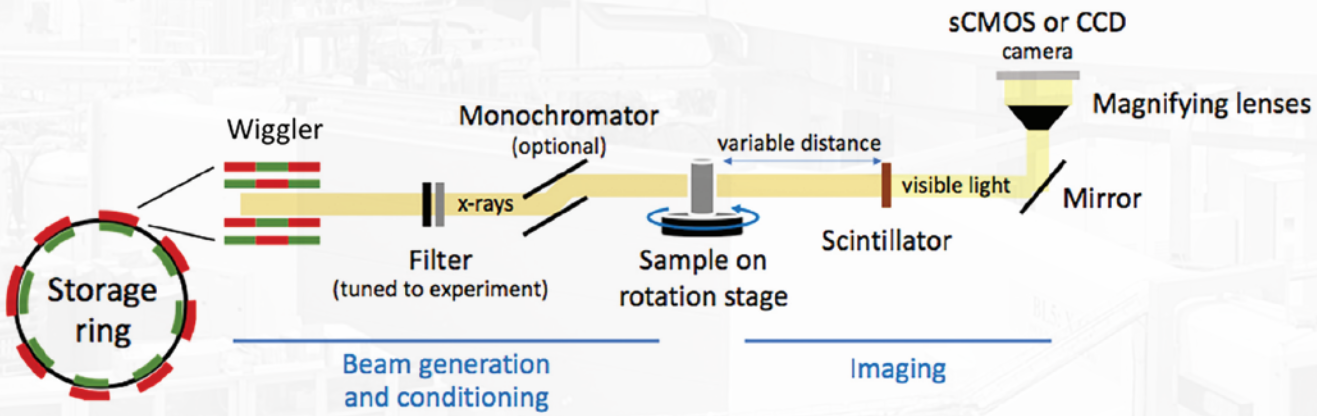
ดร.ชาตรี ไสยสมบัติ chatree@slri.or.th

ดร.สุทธิพงษ์ วรรณไพบูลย์ suttipong@slri.or.th



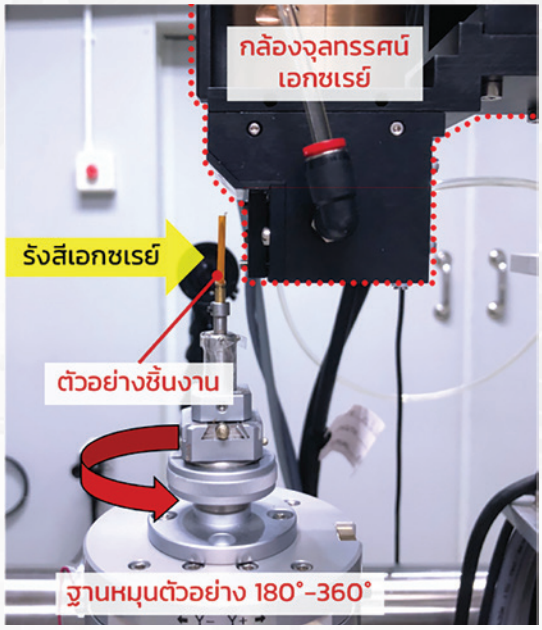
Beamline 1.2W: ระบบลำเลียงแสง และสถานีถ่ายภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สามมิติ

X-ray Imaging & X-ray Tomographic Microscopy (XTM)

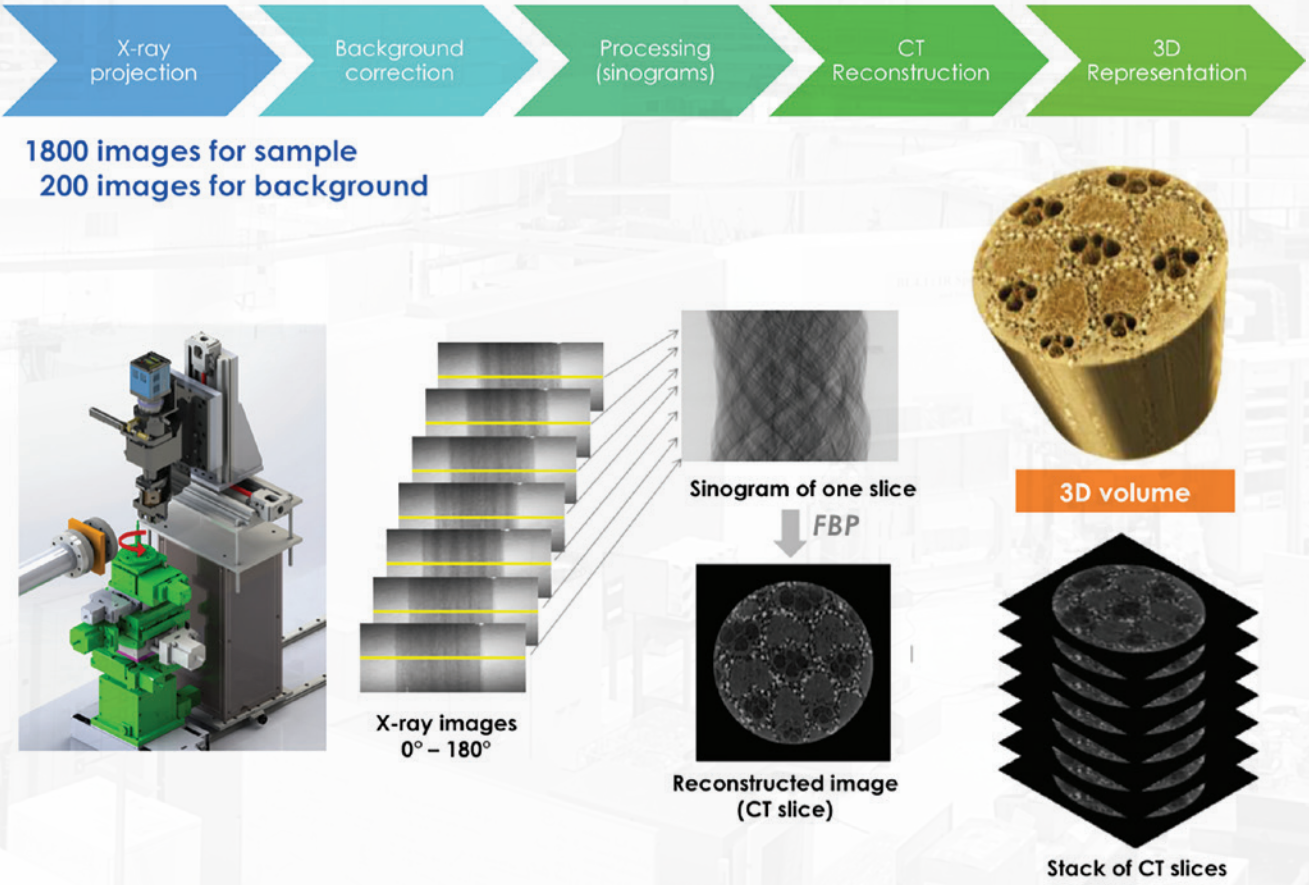


ระบบลำเลียงแสงที่ 1.2W: XTM เป็นระบบลำเลียงแสงที่ให้บริการสถานีถ่ายภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สามมิติด้วยแสงซินโครตรอนในย่านรังสีเอกซเรย์พลังงาน 5 – 20 keV โดยอาศัยหลักการถ่ายภาพเอกซเรย์แบบโทโมกราฟีรวมกับการนำกล้องจุลทรรศน์มาใช้ (Synchtrotron radiation X-ray tomographic microscopy, SRXTM) เทคนิคนี้สามารถแสดงโครงสร้างภายในหรือคุณลักษณะที่อยู่ลึกลงไปในชิ้นงานตัวอย่างได้แบบสามมิติ ในระดับไมครอนจากภาพถ่ายเอกซเรย์โดยไม่ต้องทำลายตัวอย่างจึงเหมาะสำหรับการศึกษาโครงสร้างทางกายภาพ ความพรุน รอยแตกร้าว เส้นทางการไหล รวมถึงองค์ประกอบที่แตกต่างในวัสดุคอมโพสิตแบบสามมิติ

หลักการทางเทคนิค



ในการถ่ายภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (หรือเอกซเรย์โทโมกราฟี) เริ่มจากการติดตั้งตัวอย่างชิ้นงานลงบนถาดหมุนแล้วทำการถ่ายภาพเอกซเรย์รอบ ๆ ตัวอย่างด้วยแสงซินโครตรอน ทีละ 0.1 องศา จนกระทั่งครบ 180 องศา จากนั้นนำภาพถ่ายเอกซเรย์ทั้งหมดมาประมวลผลร่วมกันเพื่อสร้างภาพตัดขวาง (CT Reconstruction) ด้วยวิธี Filtered back projection กระบวนการนี้ประกอบด้วยการคำนวณ background normalization, การสร้าง sinograms, และการสร้างภาพตัดขวาง (CT slices หรือ tomograms) ตามลำดับ ผลภาพตัดขวางที่ได้สามารถนำมาประกอบกันเป็นภาพสามมิติเพื่อวิเคราะห์คุณลักษณะต่าง ๆ ภายในตัวอย่าง ขั้นตอนการคำนวณภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สามมิติโดยสรุปดังภาพ

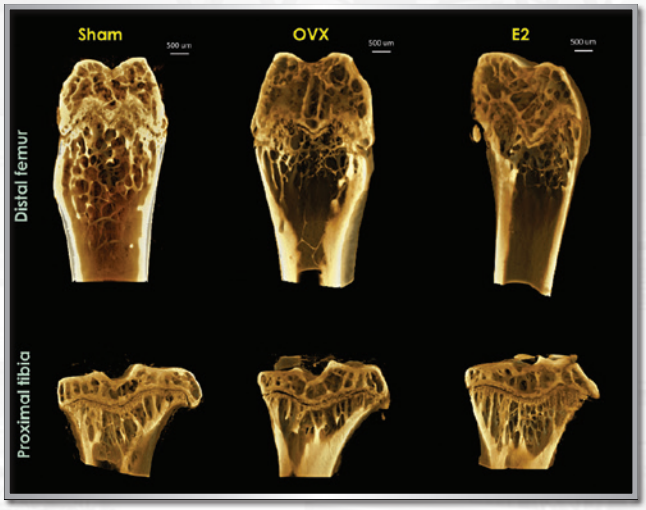


ขั้นตอนการคำนวณภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สามมิติ

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ในงานวิจัย

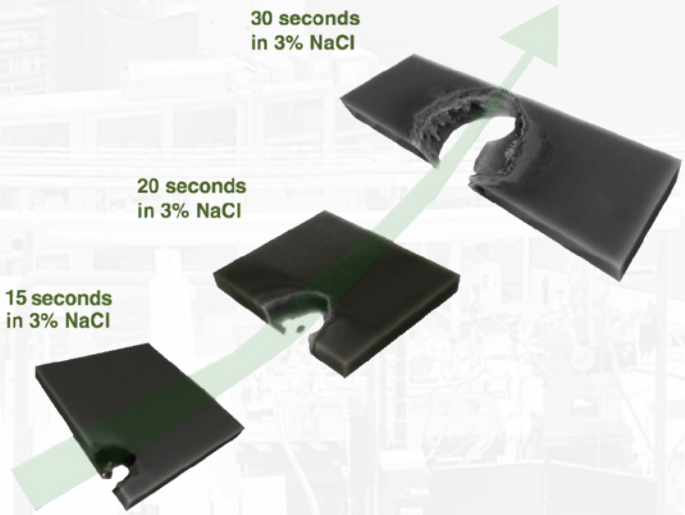
ด้วยความละเอียดในระดับไมครอน ภาพถ่ายเอกซเรย์สามมิติจึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น การวิเคราะห์ความพรุนในกระดูกสัตว์ทดลองในงานวิจัยทางการแพทย์, การศึกษาโครงสร้างจุลภาคของแมลงศัตรูพืช, การวิเคราะห์คุณภาพการแปรรูปอาหาร, การศึกษาโครงสร้างของไมโครฟอสซิล เช่น foraminifera ที่เป็นแหล่งน้ำมันในทะเล, การวิเคราะห์คุณภาพของวัสดุต่าง ๆ เช่น การกระจายของเฟสต่าง ๆ ในวัสดุคอมโพสิต หรือ geopolymer เป็นต้น

มอดข้าวที่ฟักตัวจากไข่ในข้าวสาร

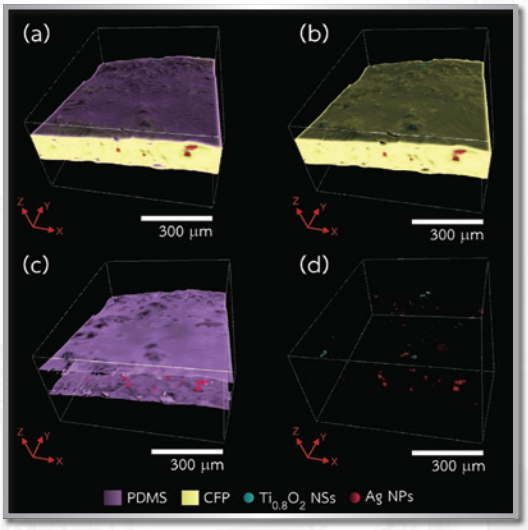


กระดูกหนูทดลองของหนูปกติและหนูพร่องเอสโตรเจนในงานวิจัยทางการแพทย์

ไมโครฟอสซิล Foraminifera หรือ star sand



การผุกร่อนในสแตนเลส



องค์ประกอบในวัสดุ composite
(Adv. Mater. Technol. 2020, 2000001)

ข้อมูลทางเทคนิค (Technical Specification)

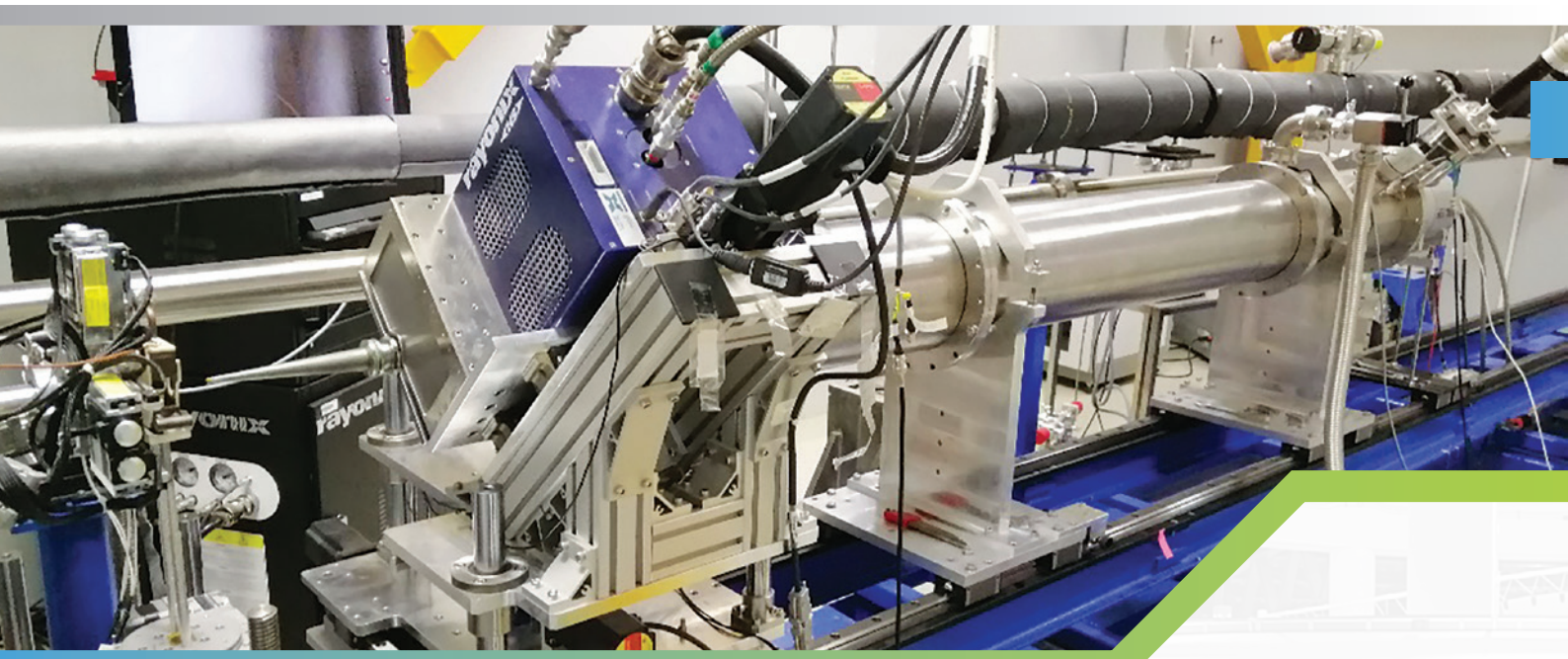
Radiation Source	Multipole wiggler, 2T
X-ray energy	Monochromatic beam 5 – 20 keV & filtered white beam
Operation modes	1) Monochromatic beam: Ge (111), approx.10^{12} ph/s/0.1% BW @8 keV 2) (filtered) white beam
Beam size	Unfocused, (H) 10 mm x (V) 4 mm
Detector system	Scintillator & lens-coupled X-ray microscope (Optique Peter, France) PCO.edge camera, 2560x2160 pixels
Resolution	1.5 μm spatial resolution 0.72 μm pixel size
Imaging modes	Absorption-contrast microtomography Propagation-based phase contrast microtomography Laminography

ติดต่อผู้ดูแลระบบลำเลียงแสง

ดร.แคทลียา โรจน์วิริยะ catleya@slri.or.th

ดร.ภัคนนันท์ ภัควนิตย์ phakkhananan@slri.or.th

น.ส.เฉลิมลักษณ์ ภูวสวัสดิ์ chalermluck@slri.or.th



Beamline 1.3W: ระบบลำเลียงแสงการกระเจิงรังสีเอกซ์มุมแคบ/กว้าง

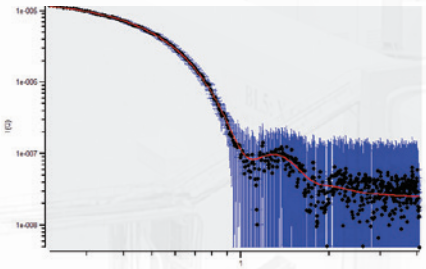
Small / Wide Angle X-ray Scattering (SAXS / WAXS)

ระบบลำเลียงแสงที่ 1.3W: SAXS / WAXS เป็นระบบลำเลียงแสงรังสีเอกซ์พลังงานสูง สามารถคัดเลือกพลังงานในช่วง 6-9 keV ใช้สำหรับบันทึกปรากฏการณ์กระเจิงรังสีเอกซ์จากตัวอย่าง ทั้งมุมแคบและมุมกว้าง ซึ่งจะได้ข้อมูลเกี่ยวกับรูปร่างและขนาดโครงสร้างระดับนาโนเมตร ลงไปจนถึงระดับอังสตรอม ซึ่งเป็นขนาดของโครงสร้างผลึก ช่วยเสริมความเข้าใจ และช่วยให้นักวิจัยสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับคุณสมบัติของสาร เช่นความแข็งแรง ความยืดหยุ่น หรือลักษณะการทำปฏิกิริยากับสารอื่น เป็นต้น

หลักการทางเทคนิค

นักวิทยาศาสตร์ประจำระบบลำเลียงแสงจะเตรียมความพร้อมของสถานีทดลอง ให้สอดคล้องกับตัวอย่างที่ผู้ใช้บริการนำเข้ามา การเตรียมความพร้อมดังกล่าวจะเกี่ยวข้องกับช่วงมุมที่ต้องการวัด ประเภทของอุปกรณ์วางตัวอย่าง รวมถึงเงื่อนไขพิเศษของสิ่งแวดล้อมบริเวณที่วางตัวอย่าง เช่นระบบควบคุมอุณหภูมิ หรือระบบดึงตัวอย่าง เป็นต้น

ผู้เข้าใช้บริการนำตัวอย่างเข้าไปติดตั้งในสถานีทดลอง และทำการเปิดระบบชัตเตอร์เพื่อบันทึกรูปแบบการกระเจิงรังสีเอกซ์จากตัวอย่างโดยใช้เวลาประมาณ 1 - 5 นาทีต่อการวัด 1 ครั้ง หลังจากนั้นจึงทำการแปลงภาพการกระเจิงรังสีเอกซ์สองมิติให้เป็นกราฟหนึ่งมิติ โดยใช้ซอฟต์แวร์ซึ่งพัฒนาโดยนักวิทยาศาสตร์ระบบลำเลียงแสง เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกต่อไป โดยปฏิบัติงานภายใต้คำแนะนำและการกำกับดูแลจากนักวิทยาศาสตร์ประจำระบบลำเลียงแสง



กราฟการกระเจิงรังสีเอกซ์มุมแคบจากอนุภาคนาโนและการวิเคราะห์ด้วยโมเดลคณิตศาสตร์

การกระเจิงรังสีเอกซ์มุมกว้างแสดงโครงสร้างผลึกของยางภายใต้แรงดึง

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ในงานวิจัย

เทคนิค SAXS/WAXS สามารถใช้ศึกษาโครงสร้างระดับนาโนเมตรและโครงสร้างผลึกของตัวอย่างได้หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นตัวอย่างทางด้านพอลิเมอร์หรือยางธรรมชาติ เช่นการศึกษาการจัดเรียงตัวของโครงสร้าง lamella ในพอลิเมอร์ชนิดต่าง ๆ การศึกษาการเกิดโครงสร้างผลึกในยางธรรมชาติเมื่อได้รับแรงดึง สำหรับกลุ่มวัสดุศาสตร์ เช่นการศึกษารูปร่างและขนาดของอนุภาคนาโน การศึกษาโครงสร้างผลึกของระบบผลึกเหลวในครีมทาผิว ในวิทยาศาสตร์ทางด้านอาหาร เช่น การศึกษาโครงสร้างของเม็ดแป้งที่ได้จากวัตถุดิบประเภทต่าง ๆ ในวิทยาศาสตร์ชีวภาพ เช่นการศึกษาโครงสร้างคอลลาเจนในกระดูก เนื้อเยื่อ เส้นเอ็น และการศึกษารูปร่างระดับนาโนเมตรของโปรตีน ในสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป เป็นต้น

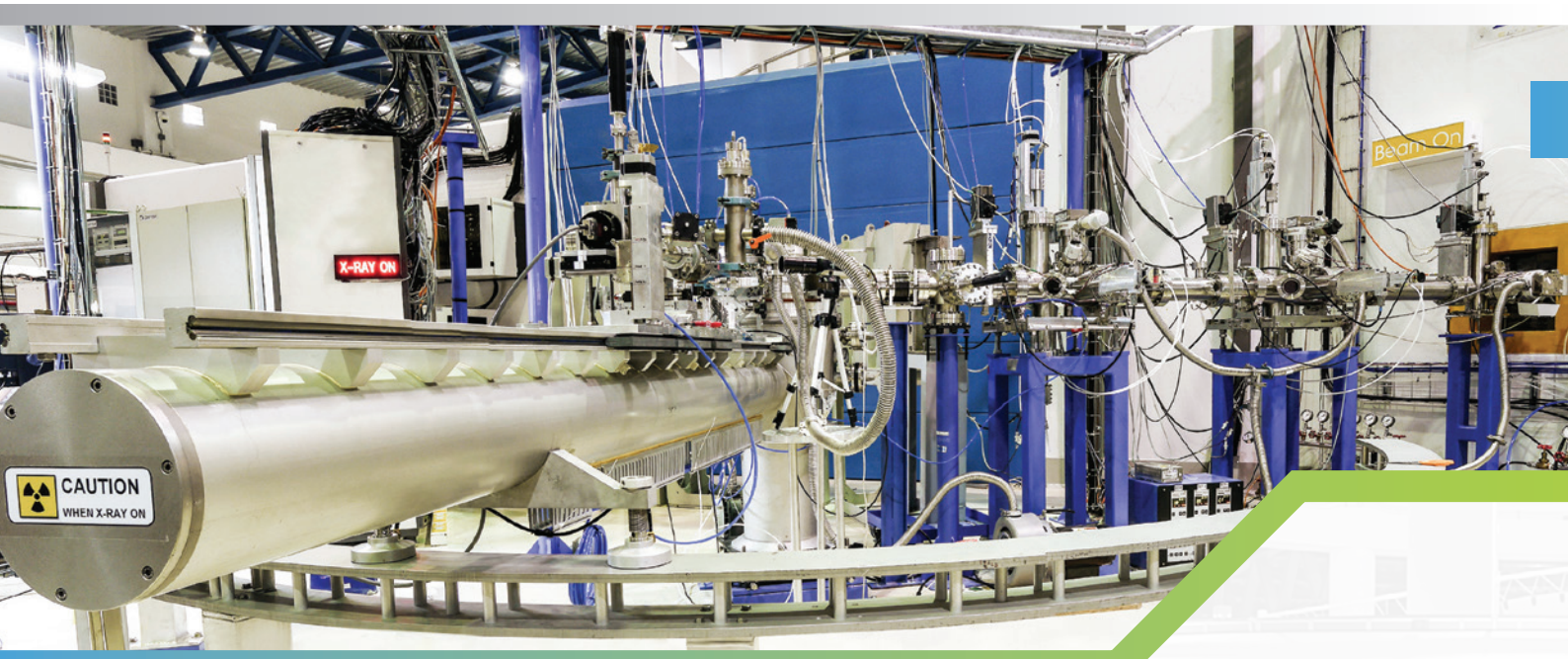
การกระเจิงรังสีเอกซ์มุมแคบ
แสดงโครงสร้างลาเมลลาของพอลิเมอร์

ข้อมูลทางเทคนิค (Technical Specification)

Radiation Source	Multipole wiggler
Photon Energy Range	6-9 keV (optimized at 9 keV)
Photon Flux	$2x10^9$ photons/sec
Optics	Double multilayer monochromator + torroidal focusing mirror
X-Ray Beam Size	1x2 mm^2 (HxV)
Detectors	Rayonix SX165 (SAXS) and Rayonix LX170-HS (WAXS)
Maximum sample-detector distance	5 m
q-range (saxs)	0.08 - 4.6 nm^{-1}
2θ-range (waxs)	3 – 59 degree (in equivalent to Cu-Kα source)
Sample type	Solid / liquid / gel / powder / fiber / film
Sample environment	In air / heating-cooling / tensile stage

ติดต่อผู้ดูแลระบบลำเลียงแสง

ดร.ศิริวัช สุนทรานนท์ siriwat@slri.or.th
ดร.ศุภกร รักใหม่ supagorn@slri.or.th
ดร.นันทพร กมลสุทธิไพจิตร nuntaporn@slri.or.th
ดร.ศิรินาฏ ศรีจันทร์ sirinart@slri.or.th
น.ส.ชลธิชา แก้วหาญ chonthicha@slri.or.th



Beamline 2.2: ระบบลำเลียงแสงวัดการดูดกลืนรังสีเอกซ์แบบย่นเวลา (บอนน์-มทส.-สซ.)

Time-resolved X-ray Absorption Spectroscopy (Bonn-SUT-SLRI) (TRXAS)

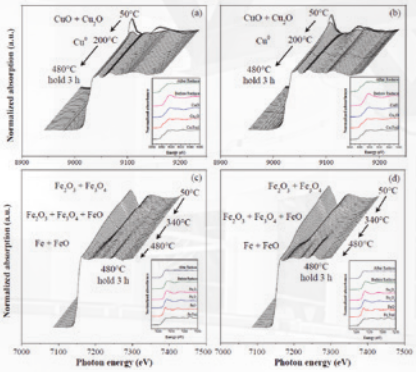
ระบบลำเลียงแสงที่ 2.2: TRXAS เป็นแบบกระจายพลังงาน (energy dispersive XAS, EDXAS) โดยใช้อุปกรณ์ดัดผลึก (crystal bender) บังคับให้ผลึกบิดงอด้วยรัศมีความโค้งคงที่ รังสีเอกซ์ที่มีช่วงพลังงานกว้างซึ่งตกกระทบบนผลึกจะถูกแยกออกจากแสงซินโครตรอนและรวมกันอยู่ที่จุดรวมแสง เมื่อแถบรังสีเอกซ์ซึ่งถูกคัดแยกโดย EDM ส่องผ่านชิ้นงานตัวอย่างจะทำให้พลังงานบางส่วนถูกดูดกลืนไป การตรวจวัดการดูดกลืนรังสีเอกซ์ของธาตุใช้อุปกรณ์ประเภทเซนเซอร์รับภาพ (NMOS linear image sensor) ทำการบันทึกรังสีเอกซ์ที่เหลือจากการดูดกลืนทุกค่าพลังงานไปพร้อม ๆกันทำให้สามารถร่นระยะเวลาที่ใช้ในการบันทึกสเปกตรัมต่อหนึ่งสเปกตรัมลงเหลือต่ำกว่า 1 วินาทีจากเดิมต้องใช้มากกว่า 5 นาทีสำหรับการวัดการดูดกลืนรังสีเอกซ์ทั่วไป

หลักการทางเทคนิค

การวัดการดูดกลืนรังสีเอกซ์ เป็นเทคนิคการวิเคราะห์สำคัญในการศึกษาสสารในระดับอะตอม เช่นการบอกชนิดและสภาพแวดล้อมของอะตอม ซึ่งส่งผลต่อคุณสมบัติการทำปฏิกิริยาของสสาร หลักการของเทคนิคการดูดกลืนรังสีเอกซ์คือการยิงรังสีเอกซ์ไปตกกระทบสารตัวอย่าง และวัดรังสีเอกซ์ที่ถูกดูดกลืนที่พลังงานต่าง ๆ ได้เป็นสเปกตรัมการดูดกลืนรังสีเอกซ์ซึ่งสามารถนำมาวิเคราะห์ชนิดและสภาพแวดล้อมของอะตอมในสารได้ เหตุนี้ BL2.2 จึงเป็นระบบลำเลียงแสงที่มีประโยชน์เป็นอย่างยิ่งในการพัฒนาสารเร่งปฏิกิริยาและแบตเตอรี่ซึ่งมีความสำคัญในอุตสาหกรรมหลากหลายประเภท ด้วยคุณลักษณะเด่นของสถานีทดลอง TRXAS ซึ่งสามารถวัดการดูดกลืนรังสีเอกซ์ของตัวอย่างได้อย่างรวดเร็วนั้นจึงเหมาะอย่างยิ่งในนำมาการประยุกต์ใช้สำหรับตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างของตัวอย่างภายใต้สภาวะแวดล้อมต่าง ๆ (in-situ measurement) เช่น ภายใต้สภาวะความร้อน ความดัน และบรรยากาศของแก๊สเป็นต้น โดยที่สถานีทดลองมีอุปกรณ์ติดตั้งสารตัวอย่างที่สามารถให้ความร้อน พร้อมทั้งปล่อยแก๊สผ่านสารตัวอย่างเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาขณะทำการวัดได้

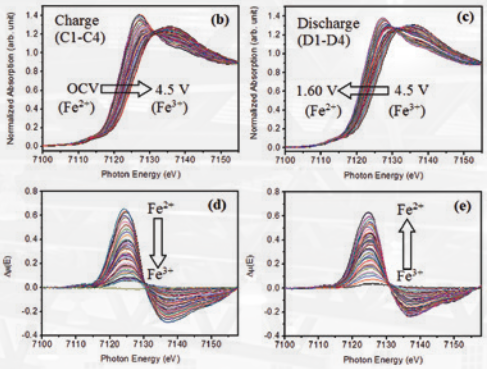
ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ในงานวิจัย

การติดตามการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและเลขออกซิเดชั่นของตัวเร่งปฏิกิริยาเมื่อให้ความร้อนภายใต้บรรยากาศแก๊สไฮโดรเจน



ภาพสเปกตรัมการดูดกลืนรังสีเอกซ์แสดงการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างตัวเร่งปฏิกิริยา Fe และ Cu เมื่อถูกรีดิวซ์ด้วยแก๊สไฮโดรเจน (Energy Conversion and Management 159, 342-352, 2018)

การติดตามการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชั่นของลิเทียมไอออนแบตเตอรี่ระหว่างกระบวนการเติมประจุและปลดปล่อยประจุ



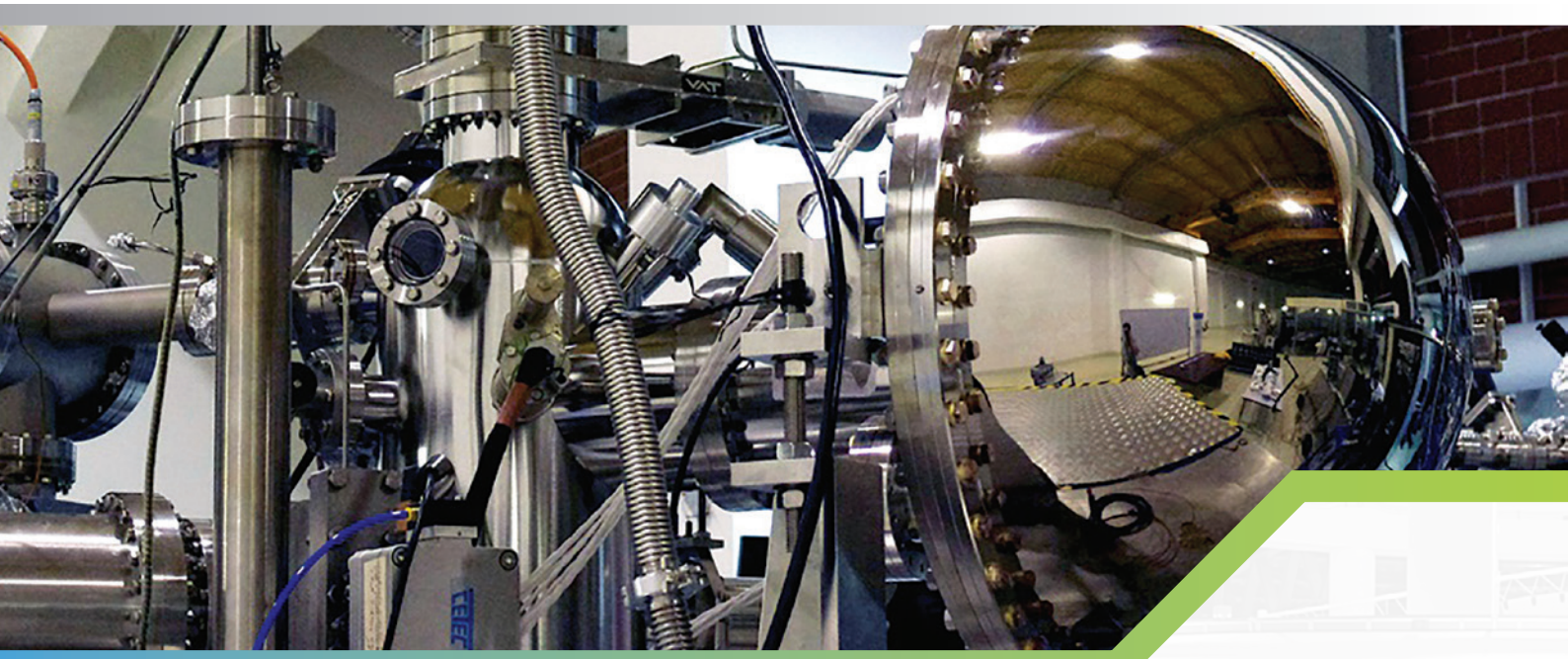
ภาพสเปกตรัมการดูกลืนรังสีเอกซ์แสดงการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันของ Fe ในเซลล์แบตเตอรี่ระหว่างกระบวนการเติมประจุและคายประจุ (Adv. Energy Mater. 2015, 1500663, 2015)

ข้อมูลทางเทคนิค (Technical Specification)

Radiation Source	Bending magnet
Photon Energy Range	4-12 keV
X-Ray Beam Size	1 x 2 mm^2
X-Ray Techniques	XAS (transmission mode)
Detectors	NMOS linear sensor (1024 pixels) with Scintillator
Sample forms	Solid, liquid

ติดต่อผู้ดูแลระบบลำเลียงแสง

ดร.ยิ่งยศ ภู่อาภรณ์ yingyot@slri.or.th
ดร.วันวิสา ลิ้มพิรัตน์ wanwisa@slri.or.th
น.ส.สุรางค์รัตน์ ต้นหลุบเลา surangrat@slri.or.th



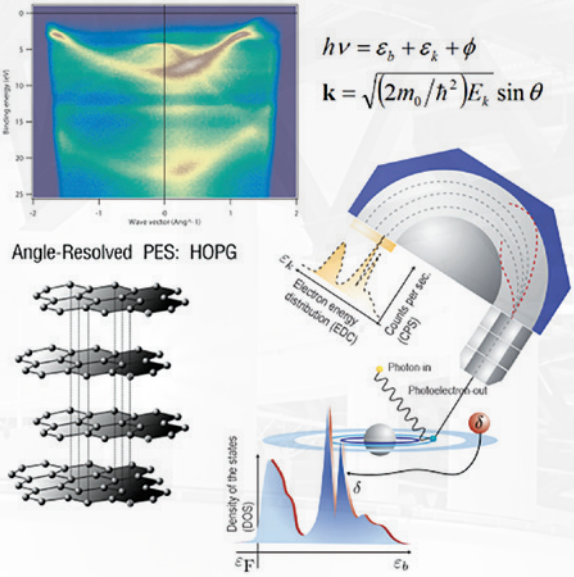
Beamline 3.2Ua:
ระบบการลำเลียงแสงการปลดปล่อยอิเล็กตรอน
Photoelectron Emission Spectroscopy (PES)

ระบบลำเลียงแสงที่ 3.2Ua: PES เป็นระบบลำเลียงแสงที่ใช้วัดพลังงานของอิเล็กตรอนที่ปลดปล่อยจากวัสดุที่ถูกกระตุ้นด้วยแสงในย่านอุลตราไวโอเลตสุญญากาศและเอกซเรย์พลังงานต่ำ (VUV and soft X-ray) สามารถวิเคราะห์สถานะพลังงานของอิเล็กตรอนและกระบวนการในวัสดุที่นำไปสู่ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก การวัดความแตกต่างระหว่างพลังงานจลน์ของโฟโตอิเล็กตรอนและพลังงานของแสงที่ใช้กระตุ้นสามารถบ่งบอกถึงชนิดของธาตุที่เป็นองค์ประกอบบนผิวและบริเวณใกล้ผิวของตัวอย่างได้จากค่าพลังงานยึดเหนี่ยวของอิเล็กตรอน คุณสมบัติเฉพาะตัวของเทคนิคสเปกโทรสโกปีโฟโตอิมิชชัน คือ การวัดการกระจายเชิงมุมของโฟโตอิเล็กตรอนที่เป็นฟังก์ชันของโมเมนตัม (Angle-resolved photoemission spectroscopy: ARPES) สามารถใช้ศึกษาโครงสร้างอิเล็กทรอนิกส์ของวัสดุ ซึ่งนำมาสู่การวิจัยและพัฒนาวัสดุชนิดใหม่ เช่น วัสดุสารกึ่งตัวนำยิ่งยวดที่เปลี่ยนจากวัสดุที่เป็นฉนวน โดยข้อมูลที่ได้จากเทคนิคโฟโตอิมิชชันได้แก่ การกระจายของแถบพลังงาน (Energy band dispersion) ค่าเวิร์คฟังก์ชัน (Work function) ค่าของช่องว่างระหว่างแถบพลังงานวาเลนซ์และระดับพลังงานเฟอร์มิ (Fermi energy level) ของรอยต่อระหว่างสารกึ่งตัวนำและโลหะ นอกจากนั้นยังสามารถใช้วิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเทคนิคการดูดกลืนรังสีเอกซ์พลังงานต่ำในธาตุเบา เช่น คาร์บอน ออกซิเจน และไนโตรเจน เป็นต้น

หลักการทางเทคนิค

โฟโตอิมิชชันเป็นเทคนิคการวัดอิเล็กตรอนที่หลุดออกมาจากวัสดุโดยอาศัยการกระตุ้นโดยแสงอิเล็กตรอนที่ถูกกระตุ้นให้หลุดออกมาเรียกว่า โฟโตอิเล็กตรอน โดยอาศัยหลักการอนุรักษ์พลังงาน คือ พลังงานของแสงที่ใช้ในการกระตุ้นให้เกิดการปลดปล่อยโฟโตอิเล็กตรอน ($h\nu$) มีค่าเท่ากับผลรวมของค่าพลังงานจลน์ของโฟโตอิเล็กตรอน (E_K) ค่าพลังงานยึดเหนี่ยวของอิเล็กตรอน (E_B) และค่าพลังงานที่โฟโตอิเล็กตรอน ใช้ในการหลุดออกมาจากผิววัสดุ (ϕ_0) หรือเรียกว่า เวิร์คฟังก์ชัน ดังสมการ

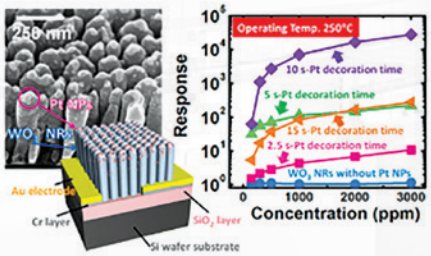
$$h\nu = E_K + E_B + \phi_0$$

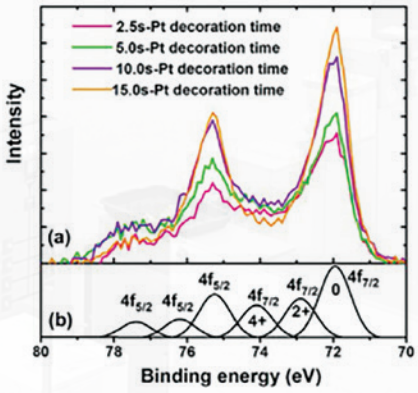


ค่าพลังงานจลน์ของโฟโตอิเล็กตรอนที่ได้จากการวัดสามารถใช้ในการคำนวณหาค่าพลังงานยึดเหนี่ยวของอิเล็กตรอนซึ่งเป็นค่าพลังงานเฉพาะของอะตอมของธาตุแต่ละชนิด ทำให้สามารถระบุชนิดและปริมาณของธาตุที่เป็นองค์ประกอบในตัวอย่างได้ และทำให้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับสถานะทางเคมีของธาตุองค์ประกอบในตัวอย่างที่ศึกษา ได้แก่ ค่าเลขออกซิเดชัน (Oxidation number) หรือสถานะของพลังงานในแถบวาเลนซ์อิเล็กตรอน เมื่อเกิดการเลื่อนของค่าพลังงานยึดเหนี่ยวของอิเล็กตรอนในสภาวะที่อะตอมข้างเคียงมีความแตกต่างกัน (Chemical shift) โดยทั่วไป เทคนิคโฟโตอิมิชชันจะเรียกชื่อเฉพาะต่างกันไปขึ้นกับช่วงพลังงานของแสงที่ใช้ เช่น แสงที่ใช้กระตุ้นอยู่ในย่านเอกซ์เรย์จะเรียกว่าเทคนิค XPS และถ้าแสงที่ใช้อยู่ในย่านอุลตร้าไวโอเลตจะเรียกว่า UPS โดยข้อมูลที่ได้จากการวัดเทคนิคโฟโตอิมิชชัน จะอยู่ในรูปของสเปคตรัมพลังงานของอิเล็กตรอน

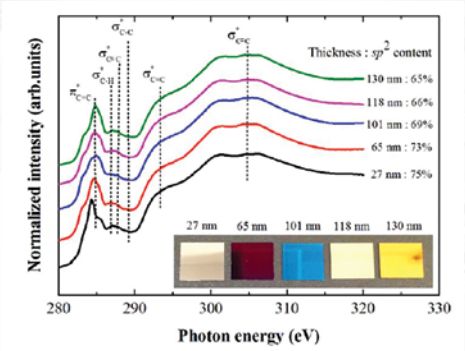
ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานวิจัย

NECTEC Dr. Mati et al., ACS Appl. Mater. Interfaces 6, 22051 (2014).



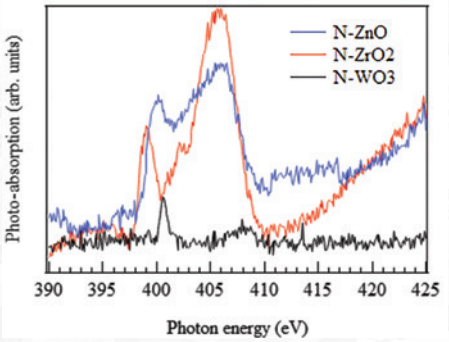


การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของฟิล์มบางทังสเตนออกไซด์แบบแท่งนาโนสำหรับประยุกต์ใช้ในการตรวจวัดก๊าซ



ศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มบางคาร์บอนเสมือนเพชร

Dr.Sarayut et al., Journal of Nanomaterials Vol. 2015, Article ID 276790.

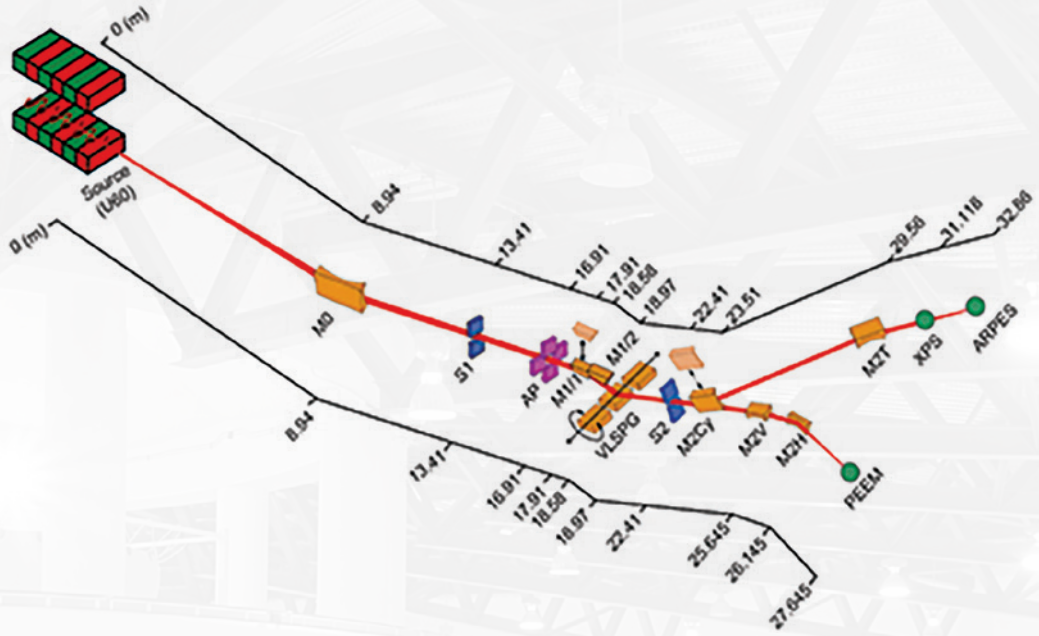


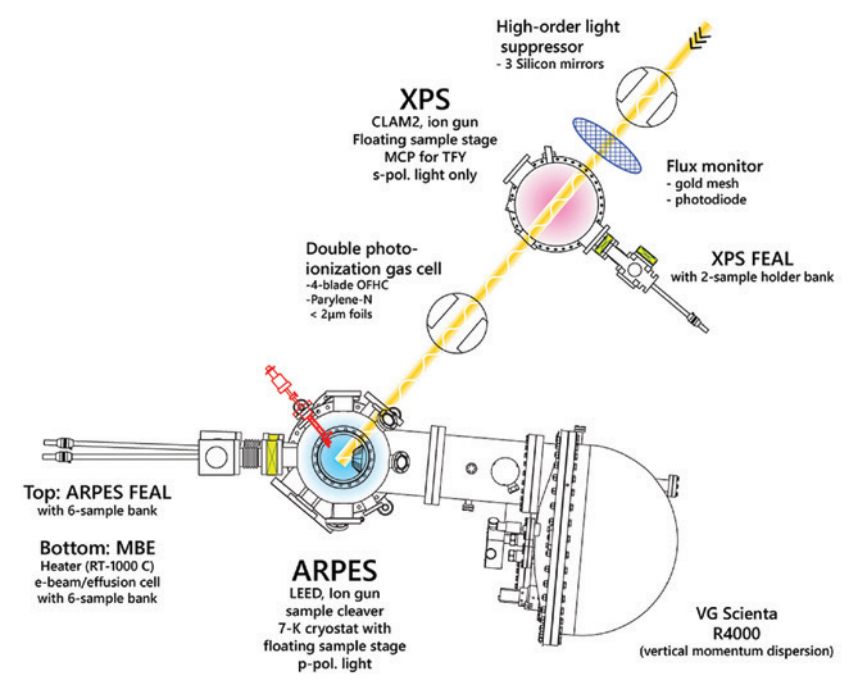
ศึกษาการเกิดออกซิเดชันของโลหะสังกะสีในสภาวะสุญญากาศในระดับที่สูงขีดสุด (ultra high vacuum)

Dr. Hanggare et al., Environ. Sci. Pollut. Res. 23, 10177 (2016)

ข้อมูลทางเทคนิค (Technical Specification)

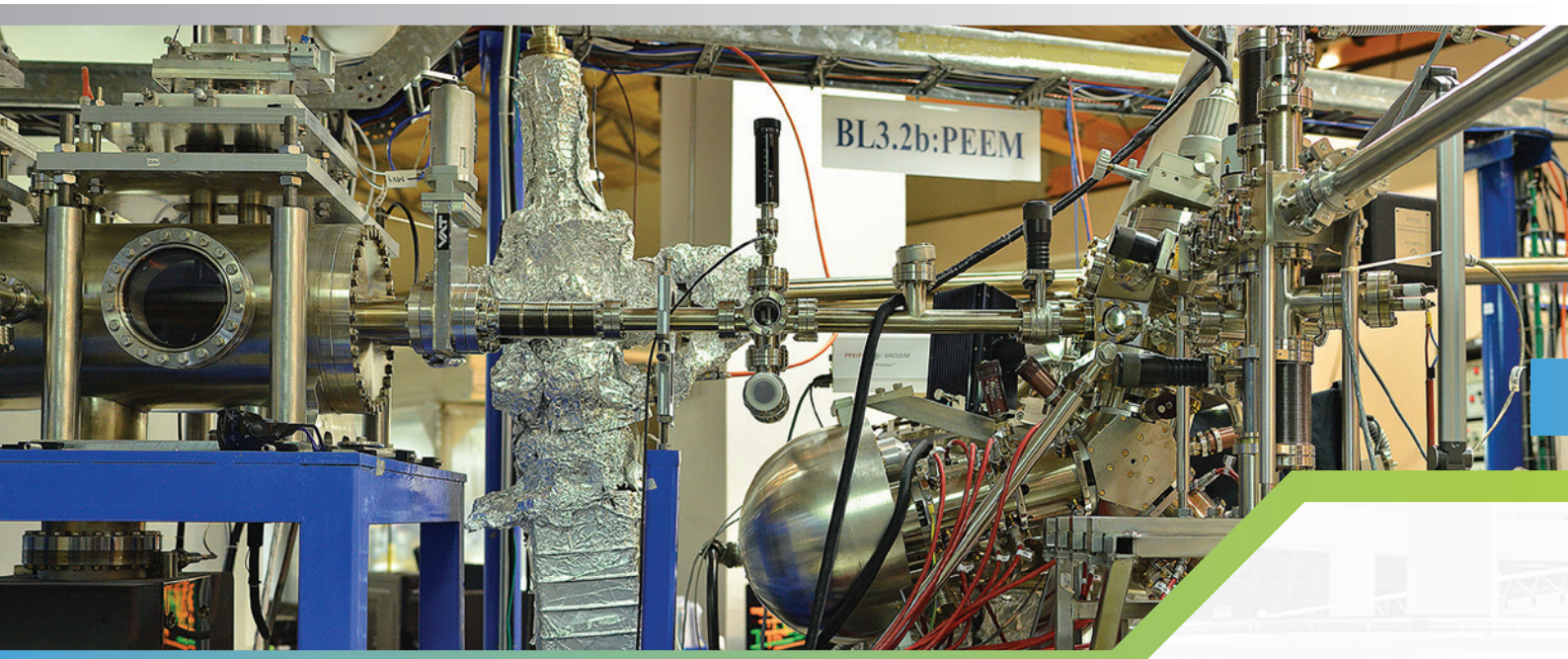
Radiation Source	Undulator U60 (VLSPGM)
Photon Energy Range	40-160, 220-1040 eV
Photon Flux	$1x10^{10}$ ph/s.
Energy Resolution	0.00001
Beam Size	0.3 mm (H) x 0.1mm (V)
Techniques	UPS, XPS, ARPES, NEXAFS
Detectors	Angle-resolved/intergral PES (SCIENTA R4000) Angle-intergral PES (CLAM2) TEY (drain current) & TFY (MCP) modes
Mode of operation	
Angle-resolved/intergral PES (SCIENTA R4000)	0.1-4.0 mm lens slits 1-10 & 20-200 pass energy ranges 1.8 meV FWHM at pass 2 & Ek 20 eV Acc. Angles +/-19 (transmission mode)
Angle-intergral PES (CLAM2)	100 mm mean radius analyser slit sizes 0.5, 1, 2, and 4 mm
Low-energy electron diffraction (LEED)	electron energy 1 kev
Molecular beam epitaxy (MBE) e-beam/effusion cells	
In-situ surface treatment	Ar ion sputtering (<3keV) LHe cryostat (<20K) UHP gas exposure (Ar, He,O_2,N_2) Heater < 400 °C





ติดต่อผู้ดูแลระบบลำเลียงแสง

ดร.ฮิเดกิ นากาจิม่า	hideki@slri.or.th
ดร.รัชฎาภรณ์ ทรัพย์เรืองเนตร	ratchadaporn@slri.or.th
ดร.ศรายุทธ ตั้นมี	sarayut@slri.or.th
นายสุรเชษฐ์ รัตนสุพร	surachet@slri.or.th
นายวัชรพล เจนปิยพงศ์	watcharaponj@slri.or.th



Beamline 3.2Ub: ระบบการลำเลียงแสงการถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนโฟโตอิมิสชั่น

Photoelectron Emission Microscopy (PEEM)

ระบบลำเลียงแสงที่ 3.2Ub: PEEM เป็นสถานีทดลองที่ใช้แสงซินโครตรอนในการถ่ายภาพพื้นผิวของตัวอย่าง โดยให้ข้อมูลทั้งในลักษณะของภาพถ่ายของพื้นผิวที่มีความละเอียดสูง และข้อมูลทางเคมีของพื้นผิวในโดยอาศัยการวัดด้วยเทคนิคโฟโตอิเล็กตรอนสเปคโตรสโกปี (X-ray photoelectron spectroscopy หรือ XPS) และการดูดกลืนแสงเอกซเรย์ (Near-edge x-ray absorption fine structure หรือ NEXAFS) โดยสามารถเลือกเก็บข้อมูลในบริเวณต่าง ๆ บนพื้นผิวของ ตัวอย่างได้ นอกจากนี้ยังสามารถเปลี่ยนโหมดของการถ่ายภาพเป็นการใช้อิเล็กตรอนพลังงานต่ำเป็นแหล่งกำเนิด ทำให้ได้ข้อมูลของความแตกต่างของค่าเวิร์คฟังก์ชั่นและการแทรกสอดของลำอิเล็กตรอนเพื่อวิเคราะห์โครงสร้างผลึกบนผิวตัวอย่างได้ โดยเทคนิคที่ใช้ลำอิเล็กตรอนนี้เรียกว่า Low-energy electron microscopy หรือ LEEM

หลักการทางเทคนิค

- เป็นสถานีทดลองที่ใช้แสงซินโครตรอนในช่วงรังสีเอกซ์พลังงานต่ำฉายลงบนผิวของตัวอย่าง เพื่อสร้างโฟโตอิเล็กตรอนที่หลุดออกจากผิวหน้าของตัวอย่าง
- ใช้เลนส์สนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าเพื่อโฟกัสลำอิเล็กตรอนและสร้างเป็นภาพถ่ายที่มีกำลังขยายสูง มีความละเอียดในระดับนาโนเมตรบนจอรับภาพ
- ใช้ระบบคัดแยกพลังงานจลน์ขออิเล็กตรอน (Electron energy analyzer) เพื่อสร้างเป็นเสปคตรัม XPS แบบเลือกบริเวณ

- สแกนพลังงานของแสงซินโครตรอนโดยอุปกรณ์โมโนโครเมเตอร์ของระบบลำเลียงแสง เพื่อสร้างสเปคตรัมการดูดกลืน NEXAFS ซึ่งเสปคตรัมนี้จะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสถานะและองค์ประกอบทางเคมีในแต่ละบริเวณในภาพ
- สามารถเปลี่ยนแหล่งกำเนิดจากแสงซินโครตรอนเพื่อใช้อิเล็กตรอนพลังงานต่ำฉายลงบนผิวตัวอย่างแทน เพื่อถ่ายภาพในโหมดของ LEEM หรือศึกษารูปแบบการแทรกสอดของอิเลคตรอนที่บริเวณต่าง ๆ บนภาพ โดยเทคนิคที่เรียกว่า Low- energy electron diffraction หรือ LEED

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ในงานวิจัย

- การศึกษาการเกิดฟิล์มบางแบบเรียลไทม์ โดยสามารถเห็นการเคลือบของฟิล์มที่มีความหนาในระดับชั้นอะตอม หรือโมเลกุลฟิล์มที่ปลูกนั้นสามรถเป็นได้ทั้งสารที่เป็นโลหะหรือสารอินทรีย์ บางประเภท
- ศึกษาการเกิดขึ้นของวัสดุผลึกสองมิติเช่นกราฟีนและเฮกซากอนนอลโบรอนไนไตรด์ (h-BN) และการเกิดปฏิกริยาของผลึกสองมิติต่าง ๆ ที่สภาวะต่าง ๆ กัน
- ศึกษาการเกิดปฏิกิริยาระหว่างผิวของโลหะหรือสารอื่นที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา กับก๊าซที่ปล่อยเข้าไปในระบบทดลอง (ระดับความดันไม่สูงกว่า 10^{-5} mbar)
- ทำแผนภาพค่าเวิร์คฟังก์ชั่นของผิวของวัสดุต่าง ๆ ทำให้ทราบความแตกต่างในการทนทานการกัดกร่อนของโลหะผสม

ข้อมูลทางเทคนิค (Technical Specification)

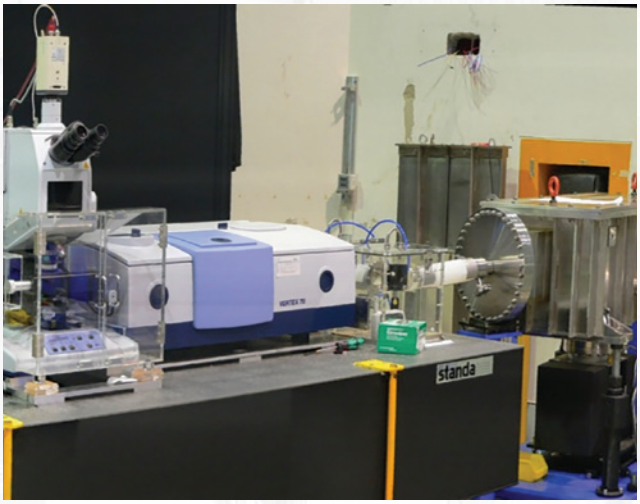
Radiation Source	Soft x-ray
Photon Energy Range	มีพลังงานตั้งแต่ 40-1040 eV
Photon Flux	Resolving power: 10,000 @flux $1x10^{10}$ phs.
Energy Resolution	0.00001
X-Ray Beam Size	100 x 500 ไมครอน
X-Ray Techniques	micro-XPS, micro-NEXAFS, micro-ARPES, work function mapping
Detectors	Electron energy analyser, microchannelplate, low-noise digital camera หรืออื่นใดตามที่ BL ต้องการเพิ่มเติม

ติดต่อผู้ดูแลระบบลำเลียงแสง

ดร.พัฒน์ โพธิ์ทองคำ pat@slri.or.th
ดร.ชนรรค์ เอื้อรักสกุล chanan@slri.or.th
น.ส.ทิพย์อุษา วงศ์พินิจ thipusa@slri.or.th

Beamline 4.1:
ระบบลำเลียงแสงการดูดกลืนรังสีอินฟราเรด
Infrared Spectroscopy and Imaging (IR)

ระบบลำเลียงแสง 4.1: IR ออกแบบมาเพื่อใช้ Edge and Bending magnet radiation จากเครื่องกำเนิดแสงสยามที่มีค่าพลังงานของอิเล็กตรอน 1.2 GeV โดยสามารถวัดสเปกตรัมการดูดกลืนแสงอินฟราเรดและการสร้างแผนภาพการดูดกลืนแสงอินฟราเรดในช่วงความยาวคลื่น 4000 - 100 cm^{-1} เทคนิคนี้ใช้ในการวิเคราะห์ตรวจสอบเกี่ยวกับโมเลกุลของสาร โดยอาศัยหลักการเกี่ยวกับการสั่น (vibration) ของโมเลกุล การนำแสงซินโครตรอนย่านพลังงานอินฟราเรดมาใช้กับเทคนิค IR spectroscopy ร่วมกับการใช้กล้องจุลทรรศน์ หรือที่เรียกว่า Synchrotron radiation-based IR microspectroscopy ทำให้การวิเคราะห์ตัวอย่างมีความละเอียดเชิงพื้นที่ถึงระดับ 10 x 10 ไมครอน^2 ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ระบบลำเลียงแสง IR beamline ที่ BL 4.1

หลักการทางเทคนิค

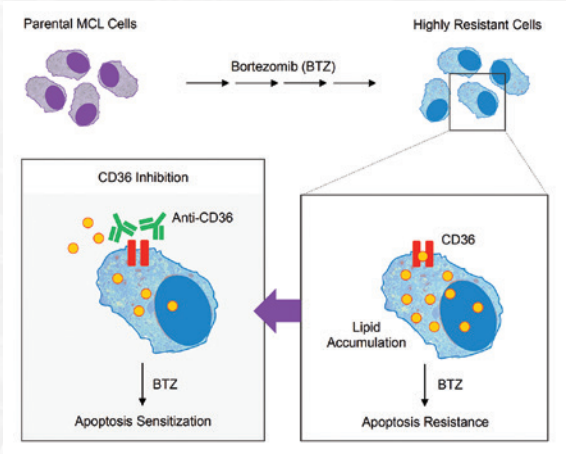
เทคนิคด้าน Infrared (IR) Spectroscopy เป็นเทคนิคที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ตรวจสอบเกี่ยวกับโมเลกุลของสาร โดยอาศัยหลักการเกี่ยวกับการสั่น (Vibartion) ของโมเลกุลแสงอินฟาเรดช่วงกลาง (2.5-25 μm) มีความถี่ตรงกับความถี่การสั่นของพันธะโควาเลนซ์ในโมเลกุลของสาร เมื่อตัวอย่างได้รับพลังงานจากคลื่นรังสีอินฟาเรดที่พอเหมาะ จะเกิดการสั่นของโมเลกุลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโมเมนต์ขั้วคู่ (dipole moment) ของโมเลกุล ทำให้โมเลกุลเกิดการดูดกลืนแสงแล้ววัดแสงที่ส่งผ่านออกมาแสดงผลเป็นความสัมพันธ์ของความถี่หรือ Wavenumber (cm^{-1}) กับค่าการส่งผ่านของแสงเรียกว่า IR Spectrum ซึ่งลักษณะเสปคตรัมการดูดกลืนแสงของสารแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติเฉพาะโมเลกุลของสาร จึงสามารถดูดกลืนแสงอินฟาเรดได้ที่ความถี่ที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของพันธะและน้ำหนักอะตอมของ Functional Group ในโมเลกุลนั้นๆ

การนำแสงซินโครตรอนย่านพลังงานอินฟาเรดมาใช้กับเทคนิค Infrared Spectroscopy ร่วมกับการใช้กล้องจุลทรรศน์ หรือที่เรียกว่า Synchrotron radiation-based IR microspectroscopy เป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของเทคนิค Infrared Spectroscopy ให้มีความสามารถนำไปใช้ตรวจวิเคราะห์สารตัวอย่างที่มีขนาดเล็ก หรือตัวอย่างที่มีความเข้มข้นต่ำมาก ๆ เนื่องมาจากมีคุณสมบัติของแสงซินโครตรอนที่ให้ความเข้มและความสว่างจ้าของแสงสูงกว่าแหล่งกำเนิดแสงทั่วไปมาก นอกจากนี้ยังช่วยให้ผลการวิเคราะห์ที่ได้มีอัตราส่วนระหว่างสัญญาณและสัญญาณรบกวน (signal/noise ratio) ที่ดีขึ้น โดยไม่สูญเสียรายละเอียดเชิงพื้นที่ (spatial resolution) และยังช่วยลดระยะเวลาตรวจวิเคราะห์ เมื่อเทียบกับการใช้ Conventional IR source

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ในงานวิจัย

- **การพัฒนาวิธีการตรวจสอบความแท้ของสายพันธุ์ไก่** โดยใช้เทคนิค Synchrotron IR microscopy ระหว่างไก่เนื้อโคราช ไก่เนื้อสายพันธุ์ทางการค้าและไก่พื้นเมือง พบว่าไก่เนื้อโคราชมีปริมาณโปรตีนที่สูง ปริมาณไขมันและคาร์โบไฮเดรตน้อยกว่าไก่ทั้งสองสายพันธุ์ ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการตลาดได้ทันที และสามารถเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้ไปศึกษาต่อเพื่อใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงระบบการเลี้ยงไก่หรือในกรณีที่จะพัฒนาปรับปรุงพันธุกรรมของไก่

- **มะเร็งต่อมน้ำเหลือง** เป็นมะเร็งชนิดที่มีอัตราการรอดชีวิตต่ำที่สุดโรคหนึ่ง เนื่องจากผู้ป่วยส่วนมากมักไม่ตอบสนองต่อการรักษาด้วยยาเคมีบำบัด เทคนิคนี้มีความแม่นยำในการตรวจวิเคราะห์ข้อมูลทางชีวภาพ โดยสามารถตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของสารชีวโมเลกุล เช่น โปรตีน ไกลโคโปรตีน ไขมัน กรดนิวคลีอิกและจำแนกความแตกต่างระหว่างเซลล์มะเร็งต่อมน้ำเหลืองที่มีระดับการดื้อยาที่แตกต่างกัน ซึ่งจะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่จะนำไปสู่ความเข้าใจในกลไกการต้านทานต่อยาเคมีบำบัดของเซลล์มะเร็งที่สามารถนำไปสู่การพัฒนาแนวทางการรักษามะเร็งต่อมน้ำเหลือง อย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต



- **การศึกษาคุณภาพเนื้อสุกรจากสายพันธุ์ที่แตกต่างกัน** โดยใช้เทคนิค Synchrotron IR microscopy ซึ่งให้ข้อมูลโครงสร้างระดับทุติยภูมิของโปรตีน รวมถึงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการย่อย โดยการจำลองระบบย่อยอาหารภายในร่างกาย ซึ่งเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งที่ทำให้เข้าใจถึงบทบาทของการใช้ประโยชน์โปรตีนอย่างเต็มที่ อีกทั้งสามารถใช้เป็นข้อมูลที่สำคัญในการปรับปรุงและพัฒนาเนื้อสุกรให้มีคุณสมบัติตรงตามความต้องการผู้บริโภคและเพื่อให้ได้เนื้อสุกรที่มีคุณภาพด้านคุณค่าทางโภชนาการมากที่สุด

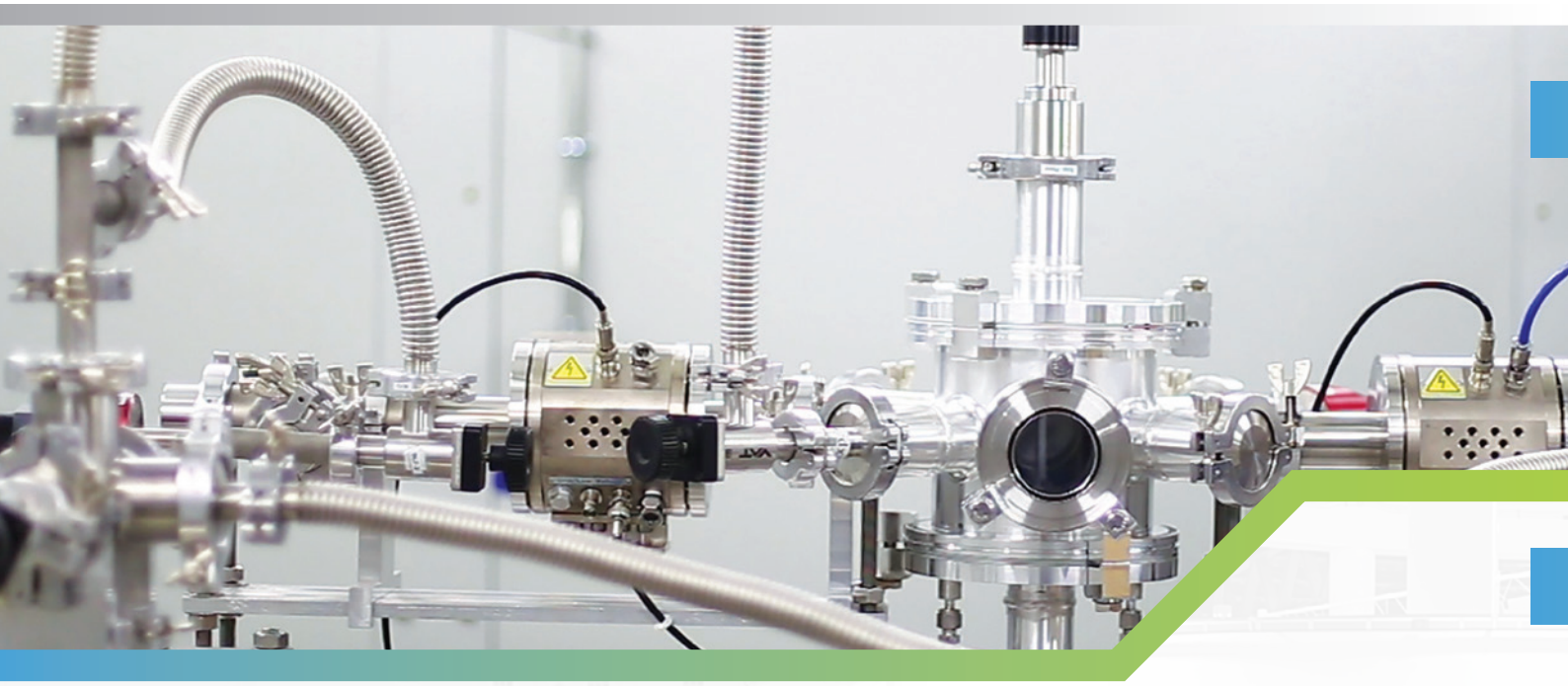
- **การศึกษากลไกของสูตรสำเร็จกรดซาลิไซลิก (Ricemate) ในการกระตุ้นความต้านทานต่อโรคขอบใบแห้งในข้าว** โดยประยุกต์ใช้เทคนิค SR-IR microspectroscopy เพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงของสารชีวโมเลกุลภายในเนื้อเยื่อใบข้าว โดยผลการทดสอบพบว่าหลังปลูกเชื้อสาเหตุโรค โดยพบว่าสารชีวโมเลกุลภายในเซลล์ใบข้าว เช่น ไขมัน และ โปรตีน มีปริมาณสูงขึ้นอย่างชัดเจนในกลุ่มที่ถูกกระตุ้นโดยการเปลี่ยนแปลงของสารเหล่านี้ ข้าวในกลุ่มที่มีการฉีดสารกระตุ้น สูตรสำเร็จกรดซาลิไซลิกสามารถลดอัตราการเกิดโรคได้สูงถึง 60% เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ดังนั้นเพื่อการควบคุมดูแลเพื่อให้ได้ผลผลิตข้าวที่เพิ่มขึ้นเกษตรกรจึงต้องนำปุ๋ยและสารกระตุ้นมาใช้เพื่อเพิ่มผลผลิตและลดอัตราการเกิดโรค การนำสารเคมีมาใช้โดยปราศจากการควบคุมที่ดีส่งผลให้เกิดการตกค้างในผลผลิตและในดิน เพื่อหาแนวทางในการป้องกันกำจัดโรคและลดการใช้สารเคมี เกษตรกรจึงให้ความสนใจศึกษาการกระตุ้นภูมิต้านทานต่อโรคในพืชโดยใช้สารกระตุ้นที่ไม่ตกค้างและไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

ข้อมูลทางเทคนิค (Technical Specification)

Photon Energy Range	Between 0.01-0.5 eV
Wavelength	2.5-100 microns
Source	Edge and Bending Magnet Radiation
Objective	36X Schwarzschild Objective 20X ATR Objective
Spectrometer/microscope	Vertex 70 spectrometer/Hyperion 2000 microscope
Polarization	Both linearly (bending magnet radiation) and radially polarized (edge radiation)
Beam size at sample	10X10 μm^2
Detector	100 micron Narrow band MCT
Mode of measurement	Reflection, Transmission Attenuated Total Reflectance (ATR)

ติดต่อผู้ดูแลระบบลำเลียงแสง

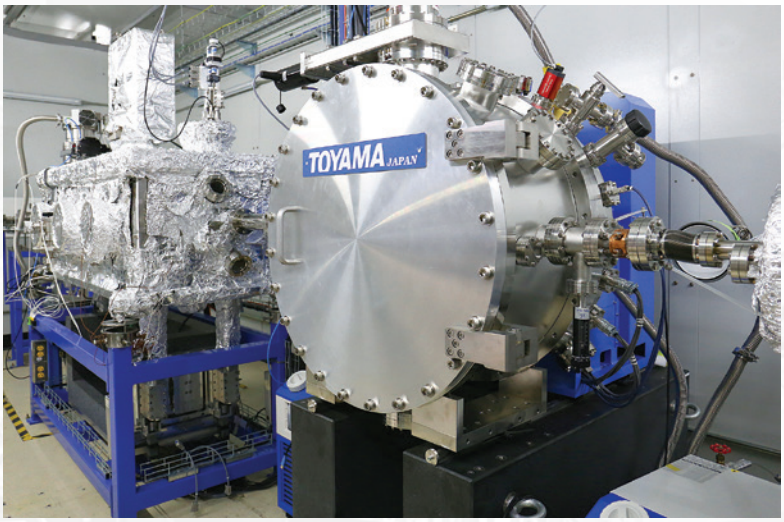
ดร.กาญจนา ธรรมนู	kanjanat@slri.or.th
ดร.สุพัชรี ศิริวงศ์	supatcharee@slri.or.th
ดร.บัวบาล กัวประเสริฐ	buabarn@slri.or.th
น.ส.ดวงใจ ศรีสมุทร	duangjai@slri.or.th



Beamline 5.1WB: ระบบลำเลียงแสงอาเซียน

XAS - ASEAN (IAEA supported)

ระบบลำเลียงแสงอาเซียนให้บริการเทคนิคการดูดกลืนรังสีเอกซ์ และเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ ซึ่งแตกต่างจากระบบลำเลียงแสงอื่น คือใช้รังสีเอกซ์ที่ผลิตจากอุปกรณ์แทรกสอดชนิดตัวนำยิ่งยวดที่มีความเข้มสนามแม่เหล็ก 3.5 T ซึ่งให้รังสีเอกซ์ที่ครอบคลุมช่วงพลังงาน 4-25 keV และมีความเข้มแสงที่สูงเหมาะสำหรับใช้ในการศึกษาโครงสร้างระดับอะตอมและองค์ประกอบทางเคมีของธาตุต่าง ๆ โดยระบบลำเลียงแสงนี้ปัจจุบันยังอยู่ในระยะการทดสอบและเตรียมความพร้อมของระบบลำเลียงแสงและสถานีทดลอง คาดว่าจะเปิดให้บริการแก่ผู้ใช้บริการทั้งภาควิชาการและภาคอุตสาหกรรมจากผู้ใช้ภายในประเทศและต่างประเทศ โดยเน้นให้บริการแก่ผู้ใช้จากกลุ่มประเทศอาเซียน ภายในปี พ.ศ. 2564



ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ในงานวิจัย

เทคนิคการดูดกลืนรังสีเอกซ์และการเรืองรังสีเอกซ์ที่ให้บริการสามารถใช้ในการศึกษาคุณสมบัติของธาตุองค์ประกอบที่สนใจในตัวอย่าง (ซึ่งสามารถใช้ได้กับตัวอย่างในสภาพของแข็ง ของเหลวผง สารละลาย) ได้แก่การศึกษาสถานะทางออกซิเดชั่นของธาตุที่สนใจ การศึกษาโครงสร้างโดยรอบของอะตอม (ความยาวพันธะ ชนิดของอะตอมที่อยู่รอบๆ เป็นต้น) เป็นเทคนิคที่สามารถใช้กับงานวิจัยหลากหลายสาขา ได้แก่ วิทยาศาสตร์พื้นฐานทางด้าน ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา ไปจนถึงวิทยาศาสตร์ประยุกต์เช่น งานวิจัยทางวัสดุศาสตร์วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วิทยาศาสตร์การแพทย์ งานวิจัยที่เกี่ยวกับมรดกทางวัฒนธรรมและโบราณคดี รวมถึงการประยุกต์ในอุตสาหกรรมต่างๆ

ข้อมูลทางเทคนิค (Technical Specification)

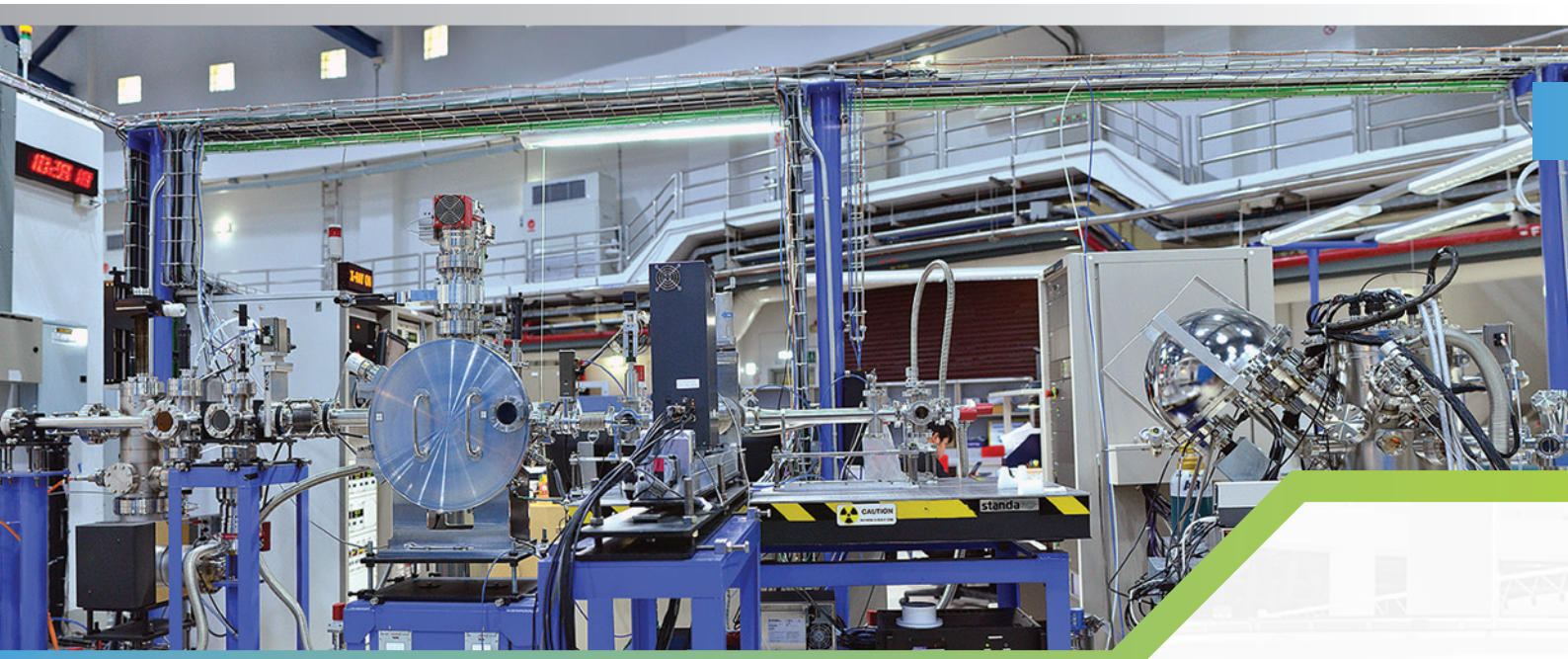
Radiation Source	3.5 T Superconducting Multipole Wiggler (SMPW),
Photon Energy Range	4-25 keV
Photon Flux	10^{11} ph/s @10 keV for Si (311) (calculated)
Energy Resolution	10^{-4} for Si (111) and 10^{-5} for Si (311) (calculated)
X-Ray Beam Size	1x1 mm^2 (calculated)
X-Ray Techniques	X-ray Absorption Spectroscopy (XAS), X-ray Fluorescence Spectroscopy (XRF) *** under commissioning, will be available to users in 2021
Detectors	Ionization chamber, Silicon drift detector (SDD)
Detectable elements	Energy of X-rays from ASEAN beamline covers K-edge from Ca to Pd and up to the L-edge of U

ติดต่อผู้ดูแลระบบลำเลียงแสง

ดร.สมชาย ตันชรากรณ์ somchai@slri.or.th

ดร.นิชาดา เจียรนัยกูร nichada@slri.or.th

ดร.รัชฎาภรณ์ ทรัพย์เรืองเนตร ratchadaporn@slri.or.th



Beamline 5.2: มทส. - นาโนเทค - สซ.
เทคนิคสเปกโตรสโกปีการดูดกลืนรังสีเอกซ์
X-ray Absorption Spectroscopy (SUT-NANOTEC-SLRI XAS Beamline)

ระบบลำเลียงแสงที่ 5.2 ถูกก่อตั้งขึ้นภายใต้โครงการจัดตั้งสถานีร่วมวิจัย มทส.-นาโนเทค-สซ. เพื่อการใช้แสงซินโครตรอนในงานวิจัยและพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีร่วมกัน ด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปีการดูดกลืนรังสีเอกซ์ (X-ray Absorption Spectroscopy หรือ XAS)

หลักการทางเทคนิค

หลักการของเทคนิค XAS คือการฉายรังสีเอกซ์ที่ย่านพลังงานต่างๆ ตั้งแต่ 1,240 ถึง 12,100 อิเล็กตรอนโวลต์ ผ่านเครื่องคัดกรองพลังงานแสงแบบผลึกคู่ ไปยังสารตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ด้วยแสงซินโครตรอนที่มีความเข้มโปรตอน ในช่วง 10^8-10^{10} อนุภาคต่อวินาที สามารถใช้วิเคราะห์สถานะทางเคมีและโครงสร้างระดับอะตอมของธาตุที่กำลังวิเคราะห์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เทคนิคนี้ไม่ทำลายสารตัวอย่างและสามารถประยุกต์ใช้กับงานวิจัยหลากหลายสาขา เช่น วัสดุศาสตร์ ชีววิทยา สิ่งแวดล้อมและโบราณคดี อีกทั้งยังสามารถวิเคราะห์วัสดุได้ทั้งในสภาวะของแข็งและของเหลว

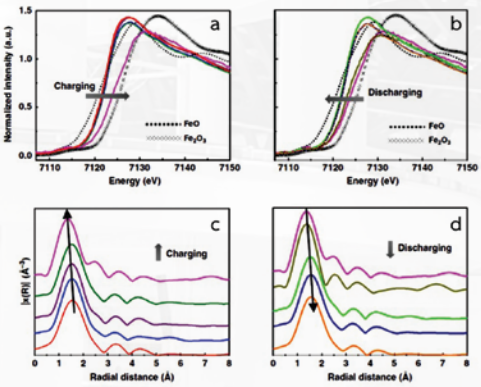
ระบบลำเลียงแสงที่ 5.2 สามารถวัดตัวอย่างที่อยู่ในรูปของแข็งผง หรือของเหลว เพื่อพิสูจอัตลักษณ์ของวัสดุในเชิงสถานะทางเคมีและโครงสร้างระดับอะตอมได้ ผู้ใช้บริการเทคนิค XAS สามารถดำเนินการทดลองได้ร่วมกับเจ้าหน้าที่และนักวิทยาศาสตร์ระบบลำเลียงแสงโดยต้องปฏิบัติตามขั้นตอนในการทำการทดลองดังต่อไปนี้

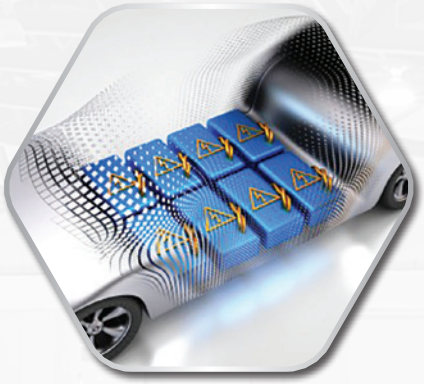
- การเตรียมตัวอย่างชนิดผงหรือของเหลว
- การวัดสเปกตรัมด้วยเทคนิค XAS แบบส่องผ่านหรือเรืองแสง
- การวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยโปรแกรม Athena และหรือ Artemis

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ในงานวิจัย

ในปัจจุบันเทคนิค XAS ได้เป็นที่นิยมใช้พิสูจอัตลักษณ์วัสดุประเภทต่างๆ อย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในงานวิจัยเพื่อวิชาการ อุตสาหกรรม และนวัตกรรมเทคโนโลยีขั้นสูง โดยตัวอย่างงานวิจัยที่ใช้เทคนิค XAS โดยมีความร่วมมือกับระบบลำเลียงแสงที่ 5.2 พร้อมแหล่งอ้างอิง ดังต่อไปนี้

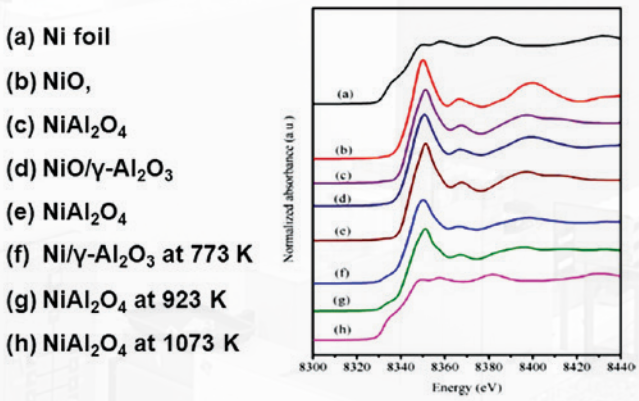
- การศึกษาประสิทธิภาพการเก็บประจุไฟฟ้าของธาตุเหล็ก (Fe) ในสารประกอบ Li2Fe(C2O4)2 เพื่อนวัตกรรมแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน[1]

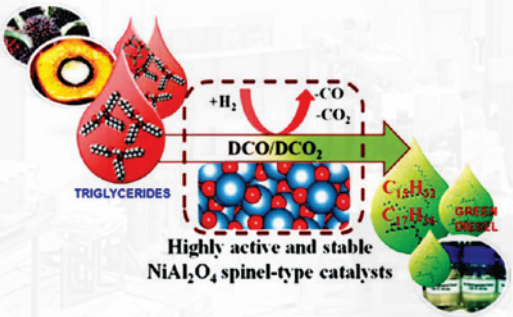




[1] Yao, W. et al. An oxalate cathode for lithium ion batteries with combined cationic and polyanionic redox. Nat. Commun. 3483, 1–9 (2019) doi:10.1038/s41467-019-11077-0

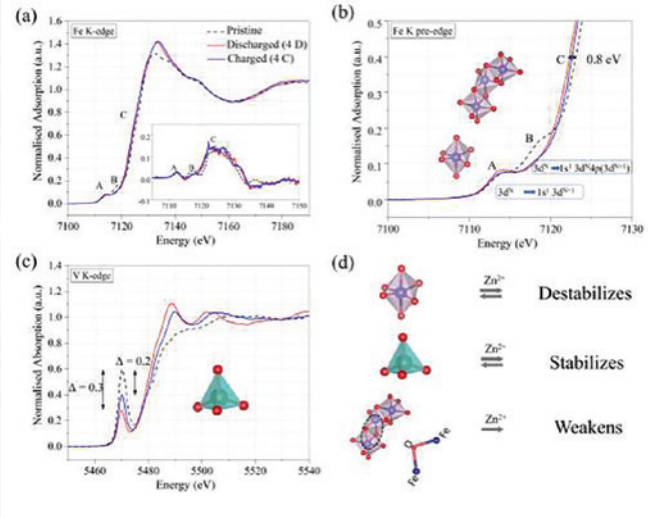
- การศึกษาสถานะทางเคมีของธาตุนิกเกิล (Ni) ที่ถูกเจือในตัวเร่งปฏิกริยาชนิดต่างๆ ที่มีผลต่อปฏิกริยาดีไฮโดรจีเนชันในกระบวนการเปลี่ยนน้ำมันปาล์มให้เป็นน้ำมันดีเซลซึ่งมีความต้องการและมูลค่าสูง โดยสเปกตรัมได้ถูกบันทึกสำหรับธาตุนิกเกิล (ขอบการดูดกลืน K) ที่อุณหภูมิต่างๆ ตั้งแต่ 300 ถึง 1073 K[2]





[2] Srifa, A. et al. NiAl2O4 spinel-type catalysts for deoxygenation of palm oil to green diesel. Chem. Eng. J. 345, 107–113 (2018). DOI:10.1016/j.cej.2018.03.118

- การศึกษาสถานะทางเคมีและอะตอมข้างเคียงของธาตุเหล็ก (Fe) และวานาเดียม (V) ที่ขอบการดูดกลืน K ในระหว่างการรับจ่ายประจุไฟฟ้าเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพและเสถียรภาพของขั้วแคโทด FeVO4 ของแบตเตอรี่ชาร์จไฟได้ประเภทซิงก์ไอออน[3]

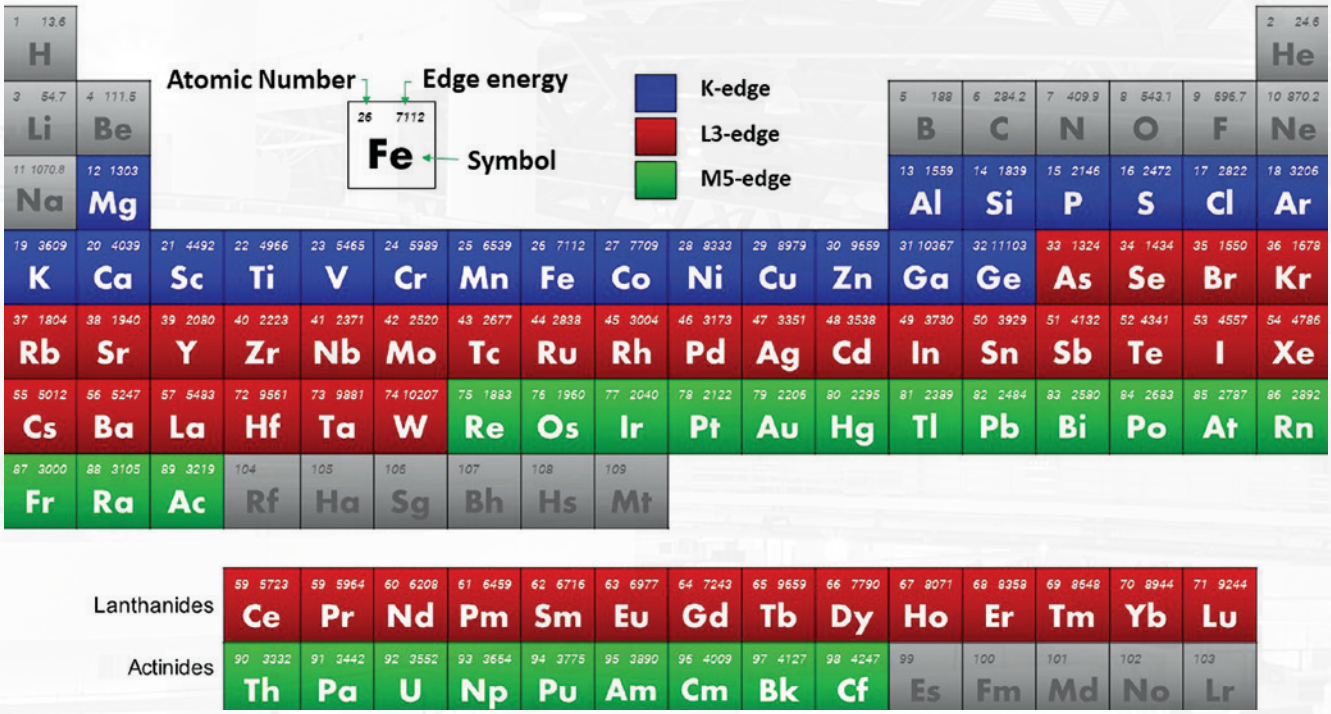


[3] Kumar S. et al. Multiscalar Investigation of FeVO4 Conversion Cathode for a Low Concentration Zn(CF3SO3)2 Rechargeable Zn-ion Aqueous Battery. Batteries & supercaps (2020). https://doi.org/10.1002/batt.202000018

ข้อมูลทางเทคนิค (Technical Specification)

Radiation Source	Bending magnet
Photon Energy Range	1,240 eV – 12,100 eV
Photon Flux	10^8-10^{10} count·s^{-1} at 100 mA
Energy Resolution	2×10^{-4} eV
X-Ray Beam Size	13 mm (L) × 1 mm (W) for transmission mode 20 mm (L) × 1 mm (W) for fluorescence mode
X-Ray Techniques	X-ray absorption spectroscopy and X-ray fluorescence
Detectable elements	Transmission with Ion chambers (>5%.wt) and Fluorescence with 4-Channel Silicon Drift (SDD) (50-100 ppm)

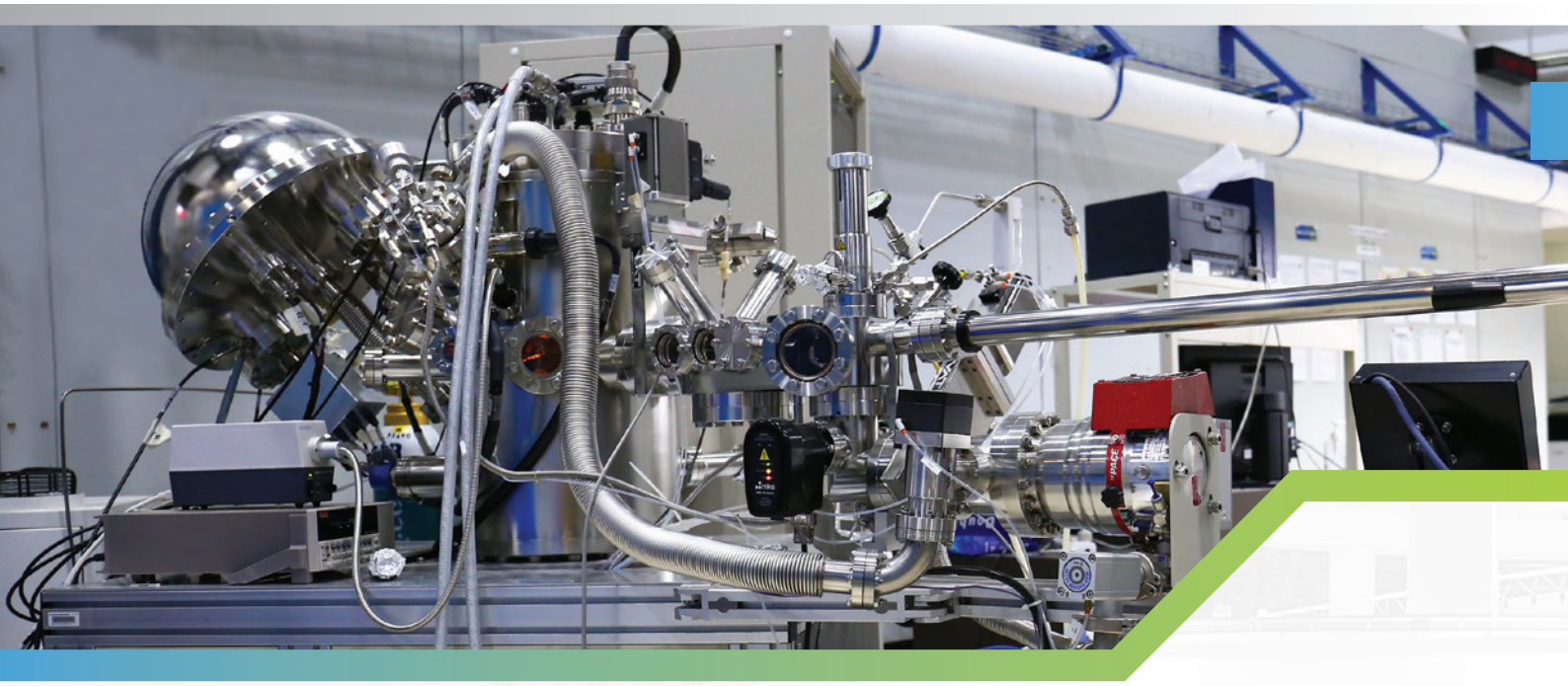
ตารางแสดงชนิดของธาตุที่สามารถตรวจวัดได้



ติดต่อผู้ดูแลระบบลำเลียงแสง

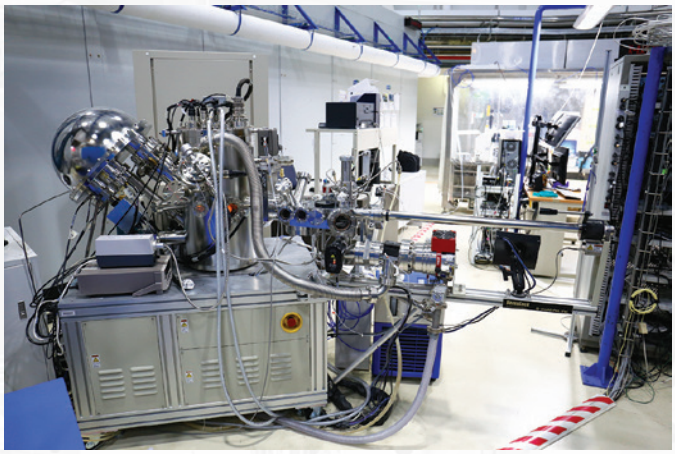
ดร.พินิจ กิจขุนทด pinit@slri.or.th

ดร.สุจินดา สัตยาพร suchinda@slri.or.th



Beamline 5.3: มทส. - นาโนเทค - สซ.
เทคนิคสเปกโตรสโกปีโฟโตอิเล็กตรอนโดยรังสีเอกซ์
X-ray Photoelectron Emission Spectroscopy (SUT-NANOTEC-SLRI XPS Beamline)

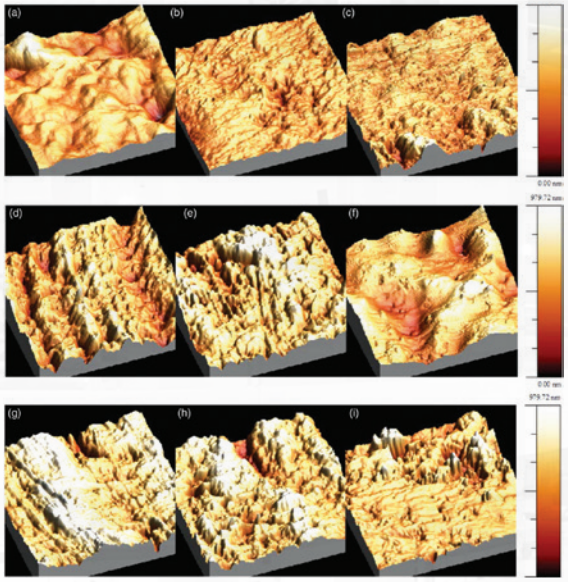
ระบบลำเลียงแสงที่ 5.3 เป็นระบบลำเลียงแสงที่อยู่ในระหว่างการจัดสร้างและพัฒนาภายใต้ความร่วมมือของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (SUT) ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ (NANOTEC) และสถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (SLRI) เพื่อนำแสงซินโครตรอนมาใช้ในเทคนิคสเปกโตรสโกปีโฟโตอิเล็กตรอนโดยรังสีเอกซ์ (X-ray Photoelectron Spectroscopy, XPS) ซึ่งเป็นเทคนิคที่สามารถวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและโครงสร้างอิเล็กทรอนิกส์บริเวณพื้นผิวของวัสดุ สามารถประยุกต์ใช้กับวัสดุนาโนและวัสดุอื่นๆ หลากหลายชนิดเช่น โลหะ สารกึ่งตัวนำ พลาสติก และแก้ว



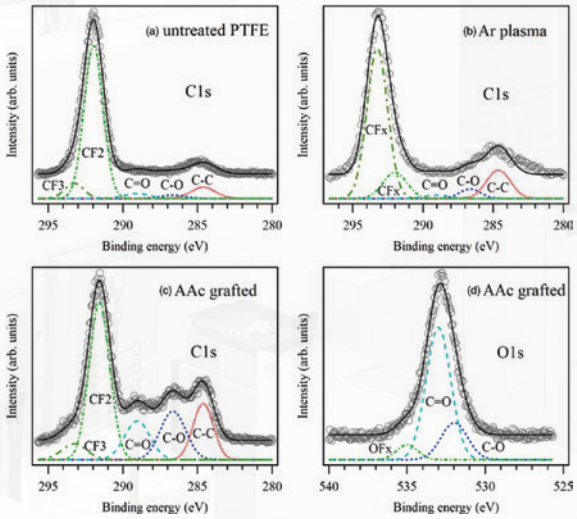
ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ในงานวิจัย

- ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีเพื่อช่วยในการปรับปรุงพื้นผิวของแผ่นโพลีเมอร์ polytetrafluoroethylene (PTFE) โดยแผ่นโพลีเมอร์ PTFE เป็นวัสดุที่มีการนำมาใช้งานอย่างหลากหลาย โดยเฉพาะในทางการแพทย์ แต่เนื่องจากแผ่นโพลีเมอร์ดังกล่าวมีคุณสมบัติความชอบน้ำ(wettability) และการยึดติด (adhesion strength) ที่ไม่ดี นักวิจัยจึงพยายามใช้เทคนิคพลาสมา (plasma treatment) และและเพิ่มสารตัวอื่นเข้าไปเพื่อช่วยในการปรับปรุงคุณสมบัติดังกล่าว และใช้เทคนิค X-ray photoelectron spectroscopy ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในการปรับปรุงพื้นผิว

ที่มา: Japanese Journal of Applied Physics 58, SAAC02 (2019): Grafting of acrylic acid onto microwave plasma-treated polytetrafluoroethylene (PTFE) substrates



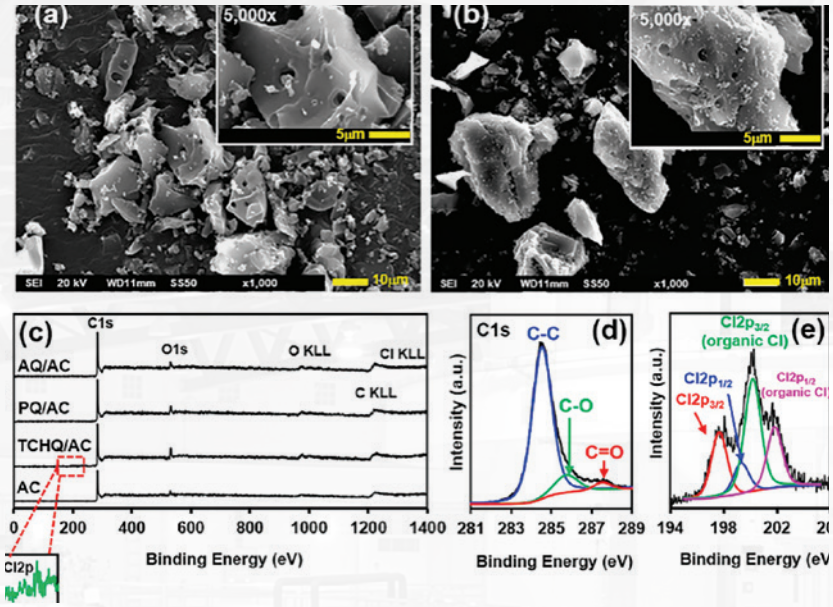
ภาพที่ 1.1 แสดงพื้นผิวตัวอย่างของแผ่นโพลีเมอร์ PTFE (a) ก่อนและ (b)-(c) หลังปรับปรุงพื้นผิว



ภาพที่ 1.2 แสดงผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี โดยเทคนิค XPS ของแผ่นโพลีเมอร์ PTFE (a) ก่อนและ (b)-(d) หลังปรับปรุงพื้นผิว

- ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของถ่านกัมมันต์ (activated carbon) จากเปลือกมะพร้าวเพื่อใช้เป็นขั้วสำหรับตัวเก็บประจุยิ่งยวด (supercapacitor)

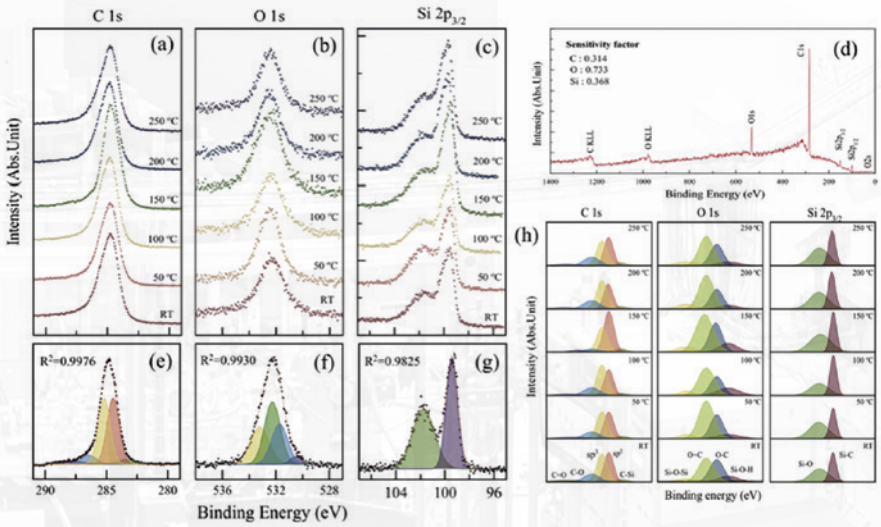
ที่มา: Applied Surface Science 491 (2019) 784–791, Enhancement performance of carbon electrode for supercapacitors by quinone derivatives loading via solvent-free method



ภาพที่ 2.1 ภาพแสดงพื้นผิวตัวอย่างและองค์ประกอบทางเคมี โดยเทคนิค XPS ของถ่านกัมมันต์ (activated carbon) ที่เตรียมจากเปลือกมะพร้าว

- ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของการเคลือบฟิล์มบางเสมือนเพชร (DLC)

ที่มา: Radiation Physics and Chemistry,2019,108271, Synchrotron-based NEXAFS analysis of thermal-treated diamond-like carbon films



ภาพที่ 3.1 ภาพแสดงการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยเทคนิค XPS ของการเคลือบฟิล์มบางเสมือนเพชร (DLC)

ข้อมูลทางเทคนิค (Technical Specification)

XPS end-station model	PHI5000 Versa Probe II Scanning XPS Microprobe (ULVAC-PHI)
Synchrotron source	Underconstruction
Laboratory source	Micro-focused scanning X-ray, Al Kα, 1486.6 eV
X-Ray Beam Size	10-100 μm^2
Detectors	High resolution 180° spherical electron analyser (16 Channel)
Ion Source	Ar^+ Ion (0.5 – 5 KeV)
Charge compensation	Dual beam charge neutralisation
Gas reactor	Temperature control from RT to 800∞C (static mode)/ 500∞C (dynamic mode)

ติดต่อผู้ดูแลระบบลำเลียงแสง

ดร.ณรงค์ จันทร์เล็ก narong@slri.or.th
ดร.สุภิญญา นิจพานิชย์ supinya@slri.or.th

Beamline 6: ระบบลำเลียงแสงการอาบรังสีเอกซ์
Deep X-ray Lithography (DXL)

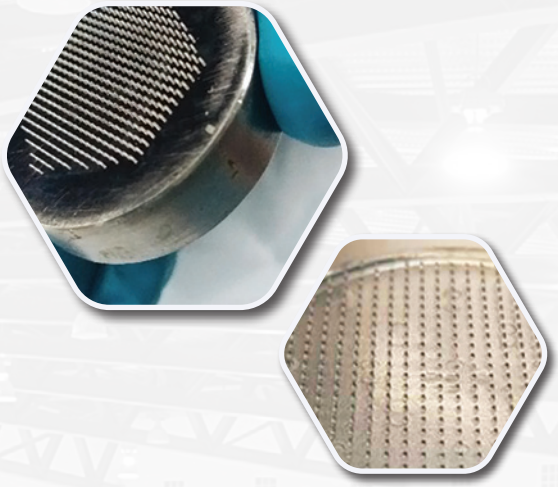
ระบบลำเลียงแสงที่ 6: DXL เป็นหนึ่งในระบบลำเลียงแสงของสถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน โดยใช้ประโยชน์จากแสงซินโครตรอนในย่านรังสีเอกซ์ สำหรับสร้างโครงสร้าง 3 มิติ ในระดับไมโครเมตร จำพวกอุปกรณ์และชิ้นส่วนขนาดเล็ก (micro parts) ชนิดต่าง ๆ นอกจากนี้ระบบลำเลียงยังมีห้องปฏิบัติการทางด้าน microsystems technology ที่สามารถรองรับการสร้างเป็นอุปกรณ์จำพวก Sensors, ตัวขับเร้า หรือ actuators, และโครงสร้างในการจัดการของไหลในระดับไมโครลิตร (microfluidics) เป็นต้น

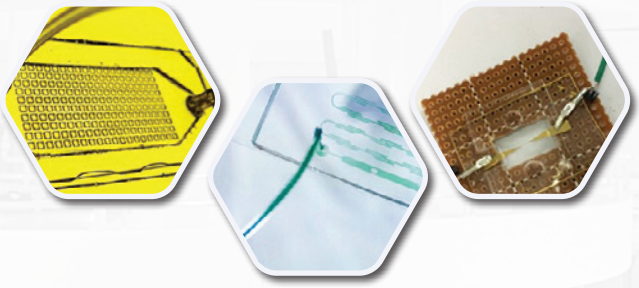
หลักการทางเทคนิค

แสง X-ray ที่ได้จากเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนจะถูกฉายลงบนหน้ากากกั้นรังสี (Photomask) ซึ่งเป็นส่วนที่กำหนดลวดลายของโครงสร้าง 3 มิติที่เราออกแบบขึ้นมาและต้องการถ่ายทอดลงบนสารไวแสง หน้ากากกั้นรังสีจะทำหน้าคัดเลือกบริเวณที่ให้แสงผ่าน ซึ่งขึ้นอยู่กับลวดลายของโครงสร้างที่เราต้องการสร้างนั้น ๆ เมื่อแสง X-ray ทะลุทะลวงผ่านบริเวณที่แสงสามารถผ่านได้ แสงจะไปทำปฏิกิริยากับสารไวแสงหรือ Photoresist เป็นพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการถ่ายทอดโครงสร้างที่เราต้องสร้าง โดยสารไวแสงนี้จะทำปฏิกิริยากับแสงและเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางโมเลกุล และเมื่อถูกล้างออกด้วยน้ำยาล้างขึ้นรูป ก็จะทำให้เกิดโครงสร้าง 3 มิติตามที่เราออกแบบ และยังสามารถนำไปเป็นแม่พิมพ์ของโครงสร้างนั้นต่อไป ซึ่งเราเรียกกระบวนนี้ว่า X-ray Lithography

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ในงานวิจัย

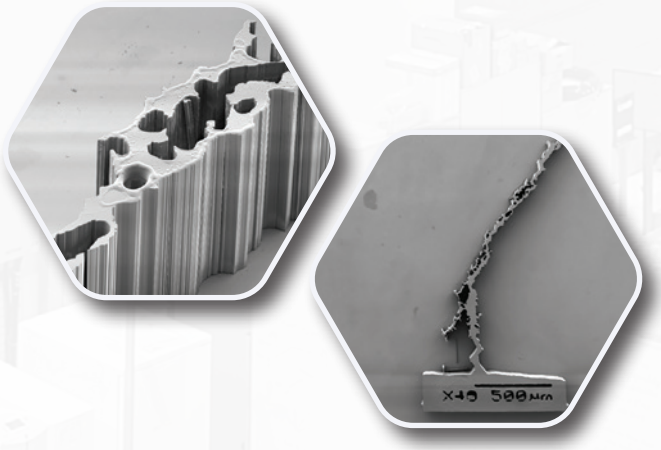
- การพัฒนาเข็มฉีดยาขนาดจิ๋ว (Microneedles) ด้วยกระบวนการ X-ray Lithography ซึ่งเป็นการพัฒนาวิธีการนำส่งตัวยาผ่านใต้ผิวหนังที่ช่วยแก้ไขข้อบกพร่องจากการใช้เข็มฉีดยาแบบเดิมในด้านของการลดความเจ็บปวดได้ เนื่องจากปลายเข็มจะแทงทะลุเฉพาะผิวหนังชั้นบนสุด และการนำส่งยาจะถูกควบคุมให้ส่งผ่านไปยังชั้นหนังกำพร้าแล้วแพร่กระจายไปยังเส้นเลือดโดยไม่ระคายเคืองต่อเส้นประสาทใต้ผิวหนัง ซึ่งเป็นสาเหตุของความเจ็บปวด อีกทั้งยังสามารถหลีกเลี่ยงการถูกทำลายของยาที่ทางเดินอาหารอันเนื่องมาจากความเป็นกรดของกระเพาะอาหารหรือเอนไซม์ต่าง ๆ





- การพัฒนาห้องปฏิบัติการบนชิป (Lab on a chip) สำหรับคัดแยกเซลล์สืบพันธุ์ของวัว ซึ่งเป็นการใช้กระบวนการ X-ray Lithography ในการสร้างช่องทางการไหลในระดับไมโครเมตร เพื่อตอบสนองต่อฟังก์ชันการทำงานของห้องปฏิบัติการบนชิป ในการคัดแยกเซลล์สืบพันธุ์ของวัว

- การพัฒนาเครื่องแสดงผลอักษรเบลล์สำหรับผู้พิการทางสายตา



- การจำลองรอยแตกร้าวในโลหะ เป็นการใช้กระบวนการ X-ray Lithography ในการสร้างรอยแตกร้าวที่มีขนาดเล็กในระดับไมโครเมตรภายในวัสดุชนิดโลหะ สำหรับใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงให้กับเครื่องมือตรวจวัดรอยแตกร้าวในวัสดุต่าง ๆ ในโรงงานอุตสาหกรรม

ข้อมูลทางเทคนิค (Technical Specification)

Electron energy	1.2 GeV
Transmitted band-pass spectrum	2 keV - 8 keV
Source	1.44 T Bending magnet
Horizontal of beam size	89 mm
Vertical of beam size (not bending mirror, P=0.0 MPa)	5.3 mm
Vertical of beam size (bending mirror, P=0.3 MPa)	3.5 mm
Photoresist thickness	5 μm - 1300μm for SU-8 5 μm - 500μm for PMMA
Mask-photoresist rotation	±60°
Scanning speed (vertical speed)	2.87 mm/sec
Scanning length	-60 mm to +60 mm

ติดต่อผู้ดูแลระบบลำเลียงแสง

ดร.พัฒนพงศ์ จันทร์พวง pattanaphong@slri.or.th
ดร.รุ่งเรือง พัฒนากุล rungrueang@slri.or.th
นายกันตภณ พิมล kantapon@slri.or.th
นายวัชรพล ภุมรา watcharapon@slri.or.th
นายเกียรติศักดิ์ ศรีโสม kriettisak@slri.or.th

Beamline 7.2W: ระบบลำเลียงแสงผลึกศาสตร์
Macromolecular Crystallography (MX)

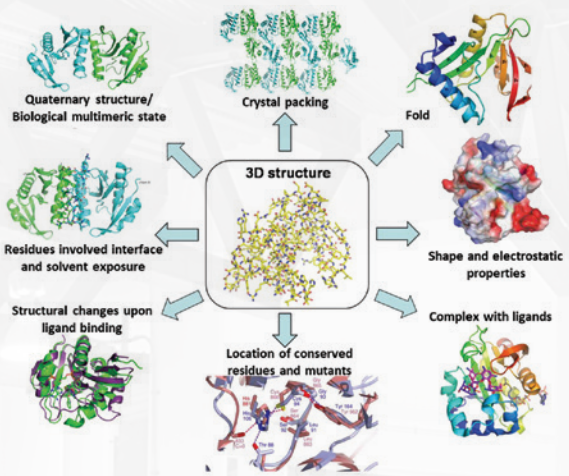
ระบบลำเลียงแสง 7.2W: MX เป็นระบบลำเลียงแสงที่ออกแบบมาเพื่อประยุกต์ใช้แสงซินโครตรอนในย่านรังสีเอกซ์พลังงานสูง (8,000 – 13,000 eV) สำหรับการศึกษาหาโครงสร้างสามมิติของโปรตีนและโมเลกุลอื่นที่เกี่ยวข้องในระดับอะตอมโดยอาศัยเทคนิค X-ray crystallography การทราบถึงโครงสร้างในระดับอะตอม ทำให้นักวิจัยสามารถเข้าใจการทำงานของโปรตีนได้อย่างละเอียด และนำไปใช้ต่อยอดงานวิจัย ด้านต่างๆ ได้

หลักการทางเทคนิค

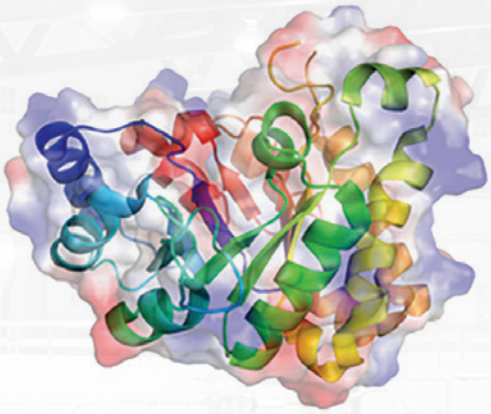
ในการศึกษาโครงสร้างสามมิติของโปรตีนด้วยเทคนิค Protein Crystallography จำเป็นต้องเตรียมตัวอย่างผลึกโปรตีน (Protein Crystal) ซึ่งทางสถาบันฯ มีห้องปฏิบัติการตกผลึกที่สามารถให้บริการแก่ผู้ใช้บริการในขั้นตอนการตกผลึกจากสารละลายโปรตีนบริสุทธิ์ (Purified Protein) จากนั้นนำผลึกโปรตีนที่ได้ไปยิงด้วยรังสีเอ็กซ์ที่สถานีทดลอง และเก็บข้อมูลการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ที่ออกจากผลึกโปรตีน ซึ่งเป็นกุญแจสำคัญในการหาโครงสร้างสามมิติของโปรตีนชนิดนั้นต่อไป

Protein production › Protein crystallization › X-Ray data collection › Data processing › Structure determination

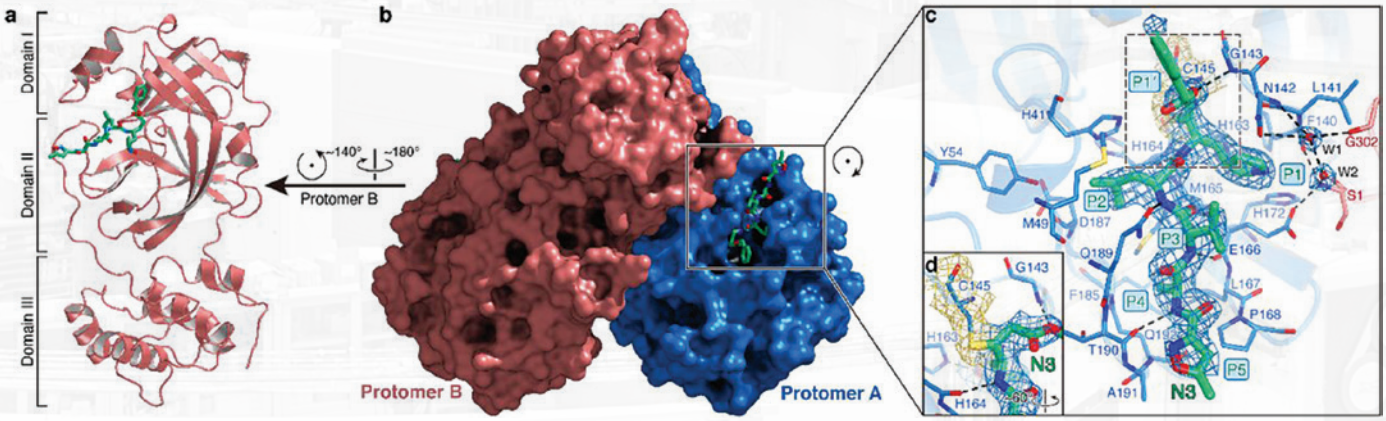
ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ในงานวิจัย



เทคนิค Protein Crystallography เป็นเทคนิคที่ใช้ศึกษาโครงสร้างสามมิติของโปรตีน ทำให้เข้าใจถึงโครงสร้างพื้นฐาน การจัดเรียงตัว หรือการขดม้วน (folding) ของโปรตีนนั้น เมื่อเข้าใจโครงสร้างพื้นฐานแล้วสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัยด้านต่าง ๆ ได้ เช่น การศึกษากลไกการเกิดโรคต่าง ๆ การพัฒนายา หรือวัคซีน และการพัฒนาเอนไซม์ที่มีความสำคัญทางเทคโนโลยีชีวภาพ



การศึกษาโครงสร้างของเอนไซม์ triosephosphate Isomerase จากเชื้อ *Leishmania siamensis* ซึ่งเป็นโปรโตซัว หรือปรสิตชนิดหนึ่งที่ทำให้เกิดโรคในคน



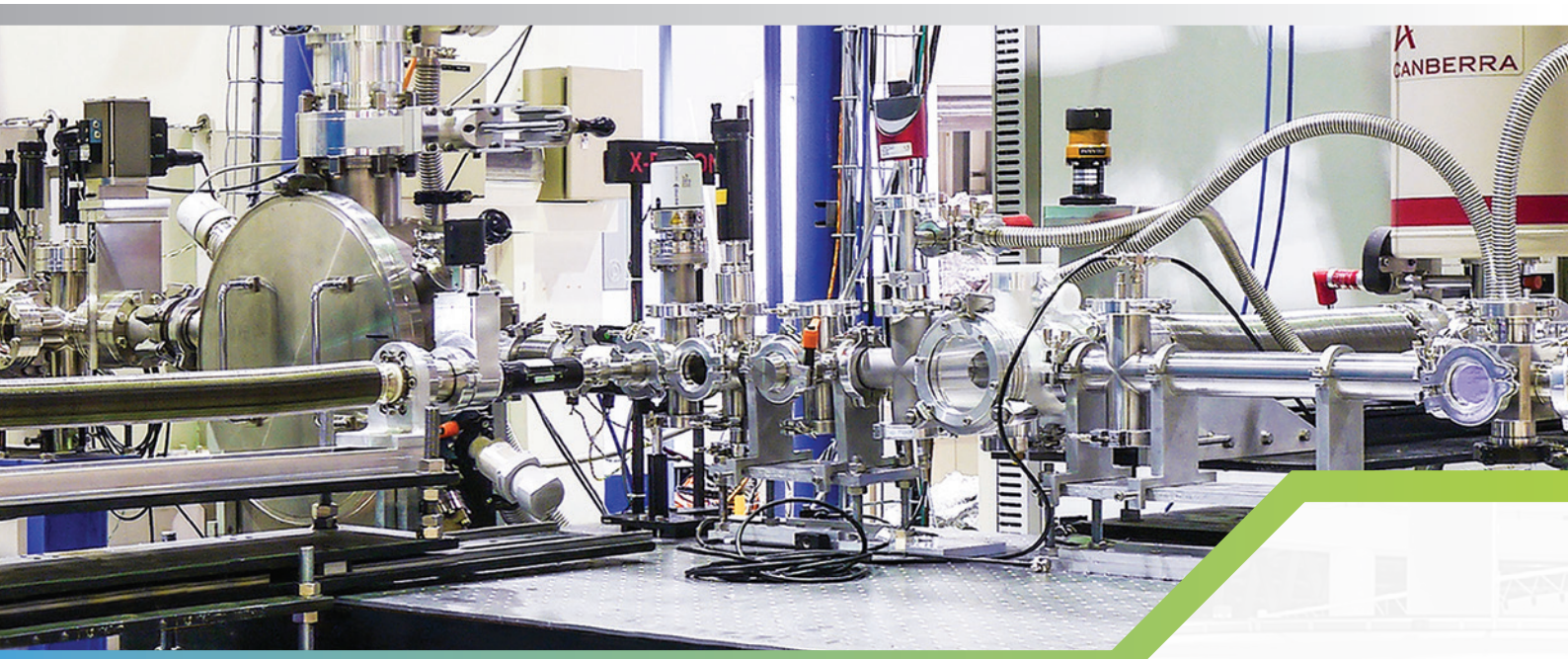
การศึกษาโครงสร้างของเอนไซม์ COVID-19 virus main protease (M^{pro}) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่สำคัญในการเพิ่มจำนวนของไวรัส นักวิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนายาที่ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์นี้ จากภาพเป็นโครงสร้างสามมิติของเอนไซม์ จับกับ N3 ซึ่งทางคณะผู้วิจัยจะนำไปพัฒนาเป็นยารักษาต่อไป (ที่มา: https://doi.org/10.1038/s41586-020-2223-y)

ข้อมูลทางเทคนิค (Technical Specification)

Radiation Source:	6.5-Tesla superconducting wavelength shifter
Photon Energy Range:	8-13 keV
Photon Flux (full beam)	3.34×10^{10} phs/s @100 mA (12.658 keV)
X-Ray Beam Size	200 × 200 μm
X-Ray Techniques	Macromolecular Crystallography
End-station	mardtb with single-axis goniometer system
Detector	Rayonix SX 165 CCD
Cryogenic system	100K with Oxford 700 series cryostream cooler
Crystal-to-detector distance	40-390 mm

ติดต่อผู้ดูแลระบบลำเลียงแสง

ดร.ชมภูนุช ส่งสิริฤทธิกุล chomphunuch@slri.or.th
ดร.จิตริน ชัยประภา jitrin@slri.or.th
ดร.จักรี่รดา อัตตรัถยา jakrada@slri.or.th
ดร.รัตนา เจริญวัฒนาเสถียร ratana@slri.or.th
น.ส.นฤมล โม้ทอง narumol@slri.or.th



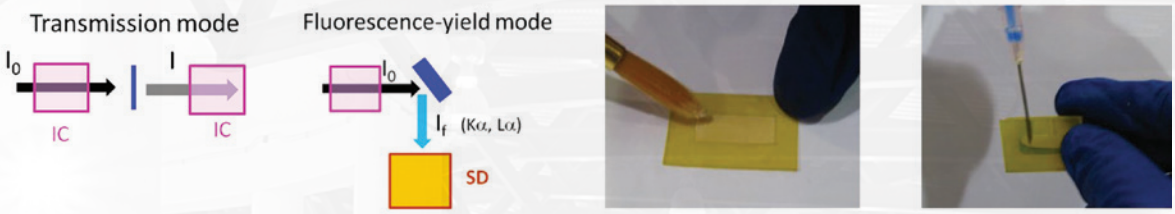
Beamline 8: ระบบลำเลียงแสง สเปกโตรสโคปีการดูดกลืนรังสีเอกซ์
X-ray Absorption Spectroscopy (XAS)

ระบบลำเลียงแสงที่ 8: XAS เป็นระบบลำเลียงแสงซินโครตรอน ในย่านพลังงานรังสีเอกซ์ (1 keV-13 keV) มีสถานีทดลองที่ 1 สำหรับเทคนิคสเปกโตรสโคปีการดูดกลืนรังสีเอกซ์ (X-ray Absorption Spectroscopy, XAS) เพื่อศึกษาการดูดกลืนรังสีเอกซ์ของธาตุได้หลายชนิดในตัวอย่าง ตั้งแต่ (ตามลำดับเลขอะตอม) Sodium ถึง Selenium (K-edge absorption), Bromine ถึง Lead (L-edge absorption) และ Bismuth ถึง Californium (M-edge absorption) สถานีทดลองที่ 2 ให้บริการสำหรับเทคนิคการถ่ายภาพการเรืองรังสีเอกซ์สนามเต็ม (Full-field X-ray fluorescence imaging, FXI) สามารถถ่ายภาพ X-ray fluorescence (XRF) ของธาตุในตัวอย่างได้ตั้งแต่ Potassium ถึง Zinc (K_α and K_β) และ Cadmium ถึง Tantalum (L_α and L_β) ภาพถ่ายความละเอียดเชิงพื้นที่สูง

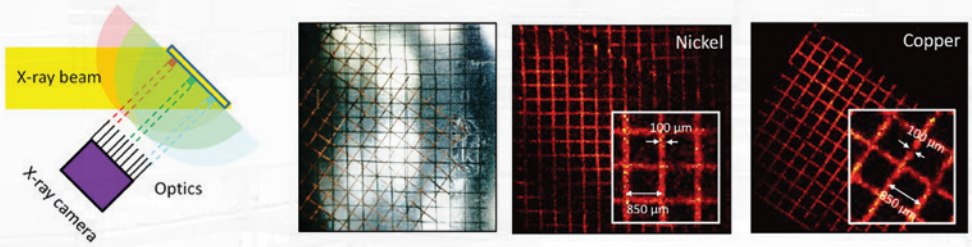
หลักการทางเทคนิค

เทคนิค XAS ใช้แสงซินโครตรอนในย่านรังสีเอกซ์พลังงาน ตั้งแต่ 1 keV ถึง 13 keV กระตุ้นธาตุองค์ประกอบของตัวอย่างวัสดุให้ดูดกลืนรังสีและวัดสเปกตรัมการดูดกลืนรังสีเอกซ์ ปริมาณการดูดกลืนรังสีเอกซ์เปลี่ยนแปลงไปกับพลังงานของรังสีเอกซ์ทำให้รูปร่างของสเปกตรัมมีความเฉพาะเจาะจงกับโครงสร้างอิเล็กตรอน (Electronic structure) ในอะตอมของธาตุนั้น และตำแหน่งอะตอมอื่น ๆ ที่อยู่ล้อมรอบ (Local atomic structure) เทคนิคนี้จึงสามารถวิเคราะห์สถานะทางเคมี และโครงสร้างในระดับอะตอมได้เป็นอย่างดี เช่น เลขออกซิเดชัน พันธะเคมี ชนิดและจำนวนอะตอมรอบข้าง และระยะห่างระหว่างอะตอม เป็นต้น

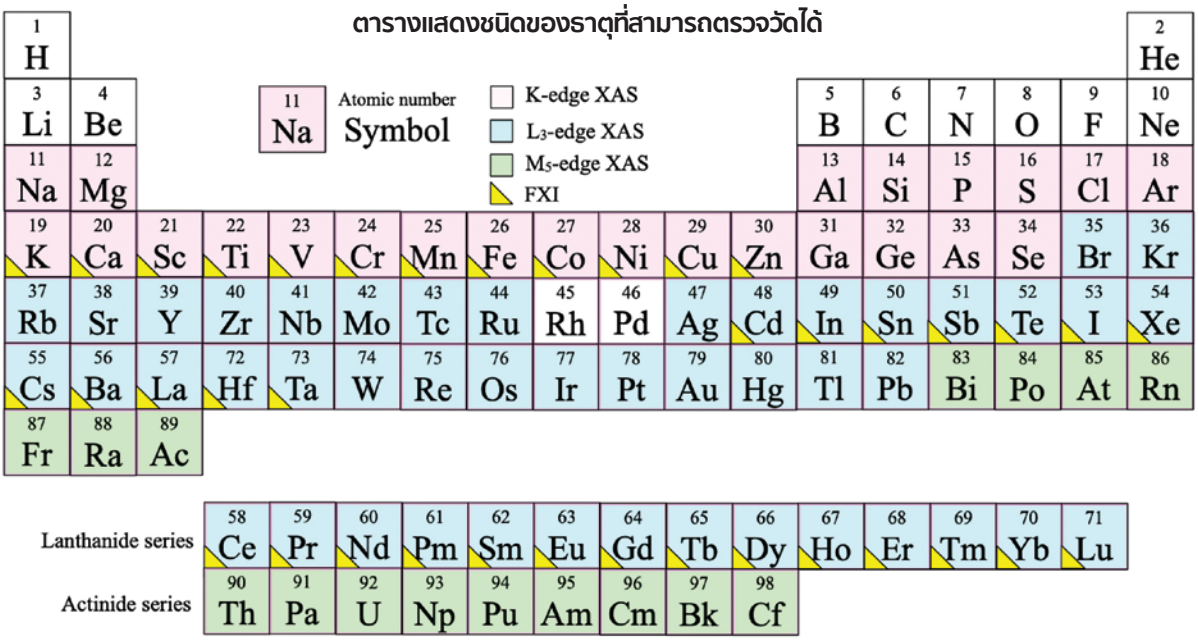
XAS ทดลองได้กับตัวอย่างที่เป็นของแข็ง เจล และของเหลว วัดในโหมดทะลุผ่าน (Transmission mode) สำหรับตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของธาตุสูง (> 5 %wt) และเตรียมให้มีความบางได้ หรือวัดในโหมดการเรืองรังสีเอกซ์ (Fluorescence-yield mode) สำหรับตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของธาตุต่ำ(< 0.1 %wt) หรือเป็นชิ้นหนา (บดเป็นผงไม่ได้) นอกจากนี้ยังสามารถวัดตัวอย่างในโหมดการปล่อยอิเล็กตรอน (Electron-yield mode) สำหรับตัวอย่างที่ต้องการศึกษาการดูดกลืนของธาตุที่ผิวหน้าของตัวอย่างในระดับความลึกไม่เกิน 100 nm



เทคนิค FXI ใช้แสงซินโครตรอนรังสีเอกซ์พลังงาน 10 keV ที่มีลำแสงขนาดใหญ่ฉายลงบนตัวอย่างวัสดุสำหรับถ่ายภาพรังสีเอกซ์เรืองแสง (XRF) โดยมีหลักการคล้ายกับกล้องถ่ายรูป รูปภาพ XRF จะแสดงการกระจายตัวของธาตุองค์ประกอบ (Elemental distribution) บนผิวหน้าตัวอย่างวัสดุ เทคนิคนี้สามารถระบุชนิดของธาตุได้เนื่องจากรังสี XRF มีพลังงานเฉพาะเจาะจงกับชนิดของธาตุ และสามารถแยกแยะตำแหน่งของธาตุได้ด้วย Polycapillary optics ติดด้านหน้ากล้องถ่ายภาพรังสีเอกซ์ (X-ray camera) ในการถ่ายภาพแต่ละครั้งจะได้ภาพ XRF ของแต่ละธาตุพร้อมกันบนพื้นที่ตัวอย่างขนาดเต็ม 12.3 mm x 12.3 mm (65536 พิกเซล, 48 μm x 48 μm ต่อพิกเซล) ตัวอย่างในการทดลองควรมีผิวหน้าเรียบเพื่อให้ได้ภาพถ่ายขนาดเต็ม

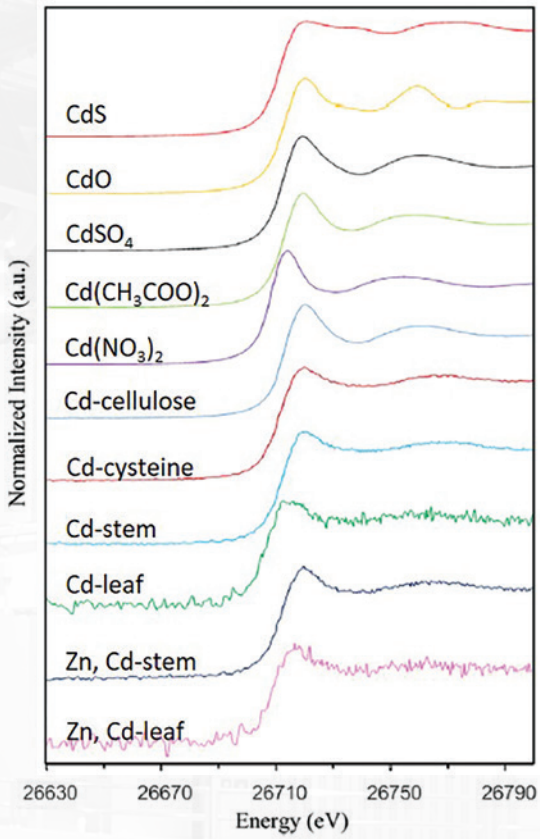


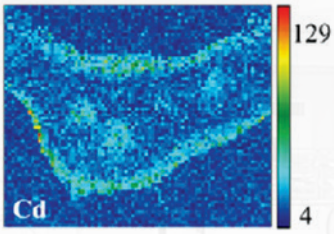
ตารางแสดงชนิดของธาตุที่สามารถตรวจวัดได้



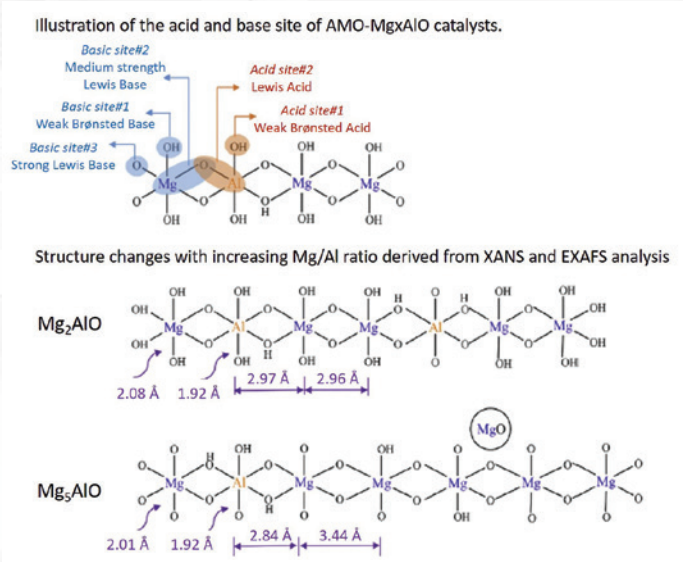
ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ในงานวิจัย

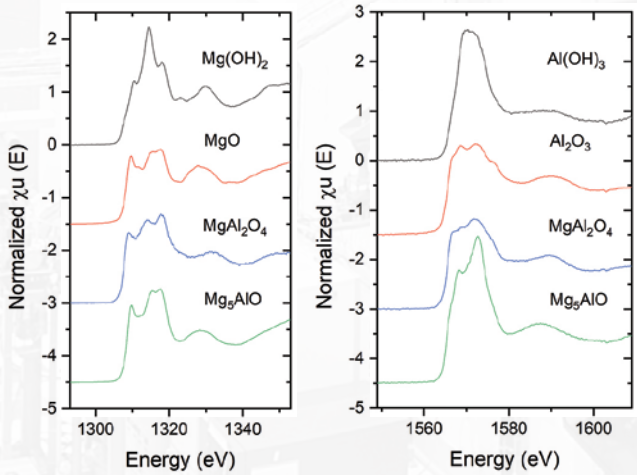
งานวิจัยด้านสิ่งแวดล้อม เช่น การศึกษาต้นว่านมหากาฬที่สามารถดูดสารละลายสังกะสีซัลเฟตและแคดเมียมซัลเฟต ในการจำลองสารตกค้างจากเหมืองแร่ซึ่งเป็นพิษต่อธรรมชาติและมนุษย์ ภาพ XRF ของลำต้นและใบแสดงให้เห็นว่าต้นว่านจะสะสมธาตุสังกะสีและแคดเมียมไว้ที่เนื้อเยื่อชั้นนอกสุด เทคนิค XAS ถูกนำมาใช้ศึกษาสถานะเคมีของสังกะสีและแคดเมียมที่สะสมในลำต้นและใบของต้นว่าน พบว่าสารละลายสังกะสีและแคดเมียมที่ถูกดูดซับด้วยต้นว่านส่วนใหญ่เปลี่ยนไปเป็นสารประกอบอินทรีย์ ทำให้เข้าใจกลไกหลักของต้นว่านที่สามารถเติบโตได้ในดินที่ปนเปื้อนสังกะสีและแคดเมียม นำไปสู่แนวทางในการแก้ปัญหาโลหะหนักตกค้างในดินด้วยการปลูกต้นว่านมหากาฬ (Mongkhonsinet al., Plant Physio. Biochem., 2016, 109, 549-560)



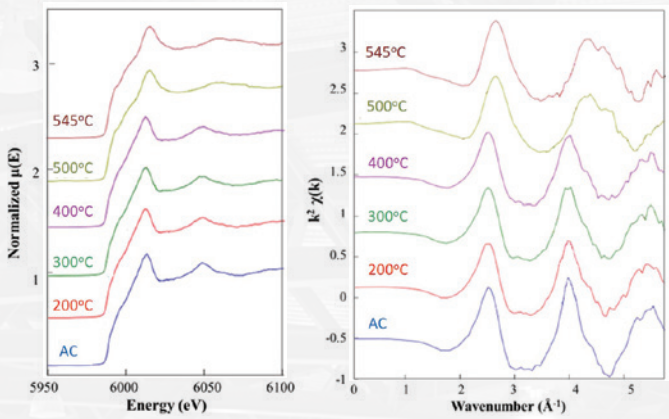


งานวิจัยด้านสารเร่งปฏิกิริยาเคมี เช่น การสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันของกรดเบนโซอิกและ 2-ethylhexanol ด้วยวิธี Aqueous miscible organic solvent-Layered double hydroxides โดยปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของ Mg ต่อ Al ของตัวเร่งปฏิกิริยา ใช้เทคนิค XAS วิเคราะห์สถานะเคมีและโครงสร้างอะตอมของ Mg และ Al ซึ่งพบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ได้จะมีปริมาณของสารประกอบออกไซด์ที่แตกต่างกัน และมีโครงสร้างอะตอมเปลี่ยนแปลงไป ทั้งหมดนี้ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของ Mg และ Al ซึ่งมีผลต่อความแรงของกรดและเบส ทำให้สามารถพัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันของกรดเบนโซอิกและ 2-ethylhexanol ที่มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นได้ (Kuljiraseth et al., Appl. Catal B: Environ., 2019, 243, 415-427)





งานวิจัยด้านวัสดุศาสตร์ เช่น ศึกษาการเกิดนิวเคลียสผลึกของโครเมียมในโลหะผสม $AlSi_3$ ที่ผ่านขบวนการอบชุบในการพัฒนาสมบัติเชิงกลของโลหะผสม ใช้เทคนิค XAS วิเคราะห์เลขออกซิเดชัน และโครงสร้างอะตอมของโครเมียมในโลหะผสม $AlSi_3$ ซึ่งพบว่าเลขออกซิเดชันจะไม่เปลี่ยนแปลงเมื่ออุณหภูมิในการอบชุบเพิ่มสูงขึ้น แต่โครงสร้างผลึกของโครเมียมเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อใช้อุณหภูมิมากกว่า 400 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังสามารถเปรียบเทียบความแตกต่างของโครงสร้างผลึกของโครเมียมในโลหะผสมที่ผ่านขบวนการชุบแข็ง ($Al_{13}(SiCr_4)$) และไม่ผ่านขบวนการชุบแข็ง ทำให้เข้าใจถึงกลไกความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้นในโลหะผสม AlSi (Tocci et al., J. Alloy Compd., 2018, 742, 555-562)



ข้อมูลทางเทคนิค (Technical Specification)

Radiation Source:	1.44 Tesla Bending magnet of 1.2 GeV synchrotron machine
Photon Energy Range:	1 keV-13 keV
Photon Flux	10^9 photons/s/100mA at 10 keV, 2×10^{11} photons/s/100mA at 2 keV
Energy Resolution	4×10^{-4}
X-Ray Beam Size	13 mm (W) x 2 mm (H) at normal incidence
X-Ray Techniques	X-ray absorption spectroscopy (XAS) and full-field XRF imaging (FXI)
XAS detector	7-element, 13-element Si drift detectors; 13-element Ge detector
FXI detector	pnCCD X-ray camera
XAS measurement time	15 min/element (> 5%wt), 1-3hr/element (< 0.1%wt)
FXI measurement time	1-8 hr/sample

ติดต่อผู้ดูแลระบบลำเลียงแสง

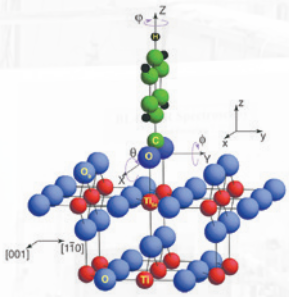
ดร.วันทนา คล้ายสุบรรณ์ wantana@slri.or.th
ดร.เพ็ญพิชชา อมรภัทรกิจ penphitcha@slri.or.th
น.ส.ศุภานัน ลาภบุญเรือง supanun@slri.or.th
น.ส.ชนากานต์ ชลสุข chanakan@slri.or.th
นางวีรญา วงษ์เตปา weeraya@slri.or.th

การให้บริการระบบคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูง

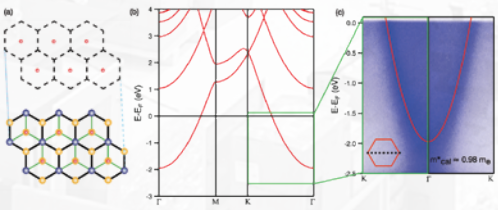
ระบบคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูงสำหรับสนับสนุนการคำนวณโครงสร้างวัสดุสถานะของแข็งด้วยฟิสิกส์ทฤษฎี (Computational Materials Physics, CMP)

คอมพิวเตอร์คำนวณสมรรถนะสูงของสถาบันฯ

ระบบคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูง สำหรับสนับสนุนการคำนวณโครงสร้างวัสดุสถานะของแข็งด้วยฟิสิกส์ทฤษฎี ณ ปัจจุบันใช้การคำนวณจากคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูงโดยมีหน่วยคำนวณ 584 หน่วยคำนวณ ที่ความเร็ว 2.2-2.6 GHz. และทำการติดตั้งโปรแกรมเพื่อการคำนวณโครงสร้างวัสดุสถานะของแข็ง พลศาสตร์ระดับโมเลกุล ไปจนถึงโปรตีนคำนวณด้วยโปรแกรมต่างๆ เช่น VASP, CRYSTAL, GAUSSIAN, FEFF, QE, LMTO, LAMMPI, Phonopy, Abinit, SATLEED, Xcrysden, DLV, Vesta, GROMACS และ GOLD โดยมีขอบเขตการดำเนินงานคำนวณฯ เพื่อสนับสนุนการวิจัยโดยการประยุกต์ใช้แสงซินโครตรอน เช่น งานคำนวณโครงสร้างวัสดุสถานะของแข็งด้วยทฤษฎีคำนวณจากทฤษฎีความหนาแน่นฟังชันแนล (Density Functional Theory, DFT) งานคำนวณสัญญาณการดูดกลืนรังสีเอกซ์ (X-ray Absorption Spectroscopy, XAS) งานคำนวณสัญญาณการปลดปล่อย อิเล็กตรอนจากพื้นผิว (X-ray Photoemission Electron Spectroscopy, XPS) งานคำนวณโครงสร้างเชิงอิเล็กตรอน คุณสมบัติเชิงแสง (Optical Properties) และคุณสมบัติเชิงอิเล็กทรอนิกส์ (Electrical Properties) งานคำนวณพลศาสตร์ระดับโมเลกุล (Molecular Dynamics, MD) งานคำนวณโครงสร้างพื้นผิวระดับอะตอมด้วยการแทรกสอดของอิเล็กตรอนพลังงานต่ำแบบไอวี (Quantitative Low-energy Electron Diffraction, LEED-IV) งานคำนวณปรากฏการณ์การแทรกสอดของอิเล็กตรอนในกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนพลังงานต่ำ (IV-Low-energy Emission Electron Microscopy, IV-LEEM) เพื่องานฟิล์มบางสองมิติ งานคำนวณการจับคู่ของสารเป้าหมายกับโครงสร้างโปรตีน (Molecular Docking)



งานคำนวณโครงสร้างวัตถุสถานะของแข็งระดับอะตอมด้วยทฤษฎีคำนวณ



งานคำนวณสัญญาณการปลดปล่อยอิเล็กตรอนจากพื้นผิว (X-ray Photoemission Electron Spectroscopy, XPS)**

ติดต่อผู้ดูแลระบบ

ดร.วุฒิไกร บุษยาพร wutthikrai@slri.or.th

**T., Eknapakul, et al., Phys. Rev. B94, 201121 (2016).

การให้บริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์

สถาบันสนับสนุนงานวิจัยของภาครัฐและเอกชนอย่างเต็มรูปแบบ โดยมีทีมนักวิจัยและห้องปฏิบัติการเครื่องมือวิทยาศาสตร์พื้นฐานในการให้บริการในลักษณะ “เบ็ดเสร็จ ณ จุดเดียว (One-Stop-Service)” แบบครบวงจร สถาบันให้บริการวิเคราะห์ทดสอบโดยใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์พื้นฐาน

ติดต่อใช้เครื่องมือได้ที่

ส่วนพัฒนาธุรกิจ

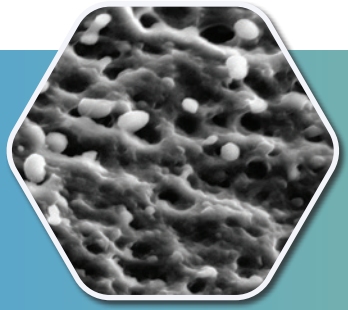
bds@slri.or.th

08 9949 7313

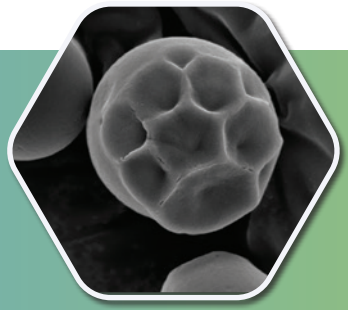
กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด
Scanning Electron Microscope (SEM): FEI, QUANTA 450

กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่มีกำลังขยาย 6 - 1,000,000 เท่า ทำให้สามารถศึกษาโครงสร้างขนาดเล็กระดับนาโนเมตรถึงไมโครเมตร สามารถถ่ายภาพตัวอย่างได้หลากหลายโดยไม่มีความจำเป็นต้องเคลือบผิวด้วยสารตัวนำไฟฟ้าก่อนการถ่ายภาพ โดยเลือกระบบสุญญากาศในห้องใส่ตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับตัวอย่างแต่ละประเภท ได้แก่

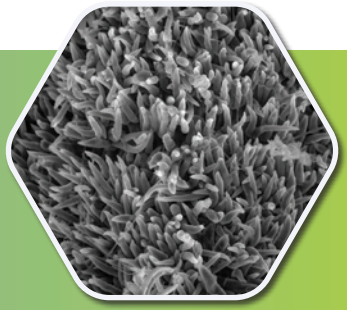
- ระบบสุญญากาศระดับสูง (High Vacuum) สำหรับตัวอย่างประเภทเป็นของแข็ง แห้ง และนำไฟฟ้า เช่น โลหะ เป็นต้น
- ระบบสุญญากาศระดับต่ำ (Low Vacuum) สำหรับตัวอย่างประเภทเป็นของแข็ง แห้ง และไม่นำไฟฟ้า เช่น พอลิเมอร์ ยาง เป็นต้น
- ระบบสุญญากาศระดับสภาวะแวดล้อม (Environmental SEM) ที่สามารถทำงานที่ความดัน 10 ถึง 2600 Pa เหมาะกับตัวอย่างที่มีความชื้น มีน้ำเป็นองค์ประกอบ สามารถปรับระดับความชื้นในห้องใส่ตัวอย่างได้ตามความต้องการ และสามารถวัดตัวอย่างที่มีอุณหภูมิต่ำได้ เช่น ไอศกรีม ตัวอย่างแช่แข็ง ตัวอย่างทางชีวภาพทางการแพทย์ เป็นต้น



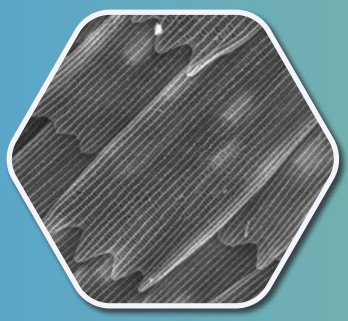
โครงสร้างจุลภาคของชีสที่มีเม็ดไขมันกระจายอยู่โดยใช้ ESEM ที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส ไม่มีการเคลือบผิวด้วยโลหะนำไฟฟ้า



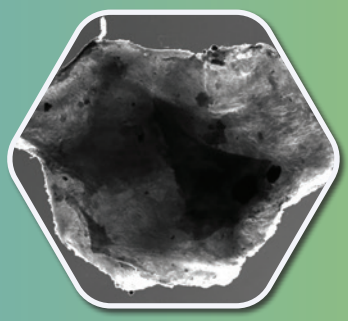
ความเสียหายของเม็ดแป้ง (Damaged starch)



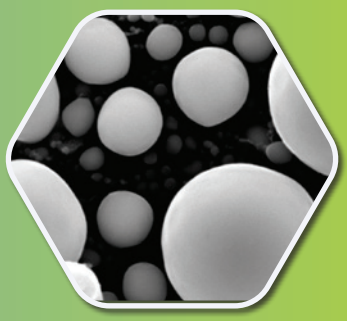
โครงสร้างจุลภาคของเปลือกลำไยสด ไม่มีการเคลือบผิวด้วยโลหะนำไฟฟ้า



โครงสร้างจุลภาคของปีกผีเสื้อ



การศึกษาการกระจายตัวของโลหะในพอลิเมอร์แบบส่องผ่านโดยใช้ STEM



Tin balls

กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน
Transmission Electron Microscope : Thermo Scientific รุ่น TALOS F200X

กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TRANSMISSION ELECTRON MICROSCOPE) เป็นกล้องจุลทรรศน์ชนิดหนึ่งที่ใช้อิเล็กตรอนส่องผ่านตัวอย่างที่มีความหนาไม่เกิน 150 นาโนเมตร ในภาวะสุญญากาศสูง เพื่อลดการกระเจิงของอิเล็กตรอน ซึ่งอิเล็กตรอนที่ได้มาจากการให้ศักย์ไฟฟ้าแก่แหล่งกำเนิดอิเล็กตรอน แหล่งกำเนิดอิเล็กตรอนจะทำหน้าที่ผลิตอิเล็กตรอน โดยอิเล็กตรอนที่ได้จะถูกเร่งด้วยสนามไฟฟ้าผ่านเลนส์คอนเดนเซอร์ (condenser lens) ซึ่งเป็นเลนส์แม่เหล็กไฟฟ้าที่ทำหน้าที่รวบรวมอิเล็กตรอน เพื่อทำให้กลุ่มอิเล็กตรอนกลายเป็นลำอิเล็กตรอน ซึ่งสามารถปรับขนาดของลำอิเล็กตรอนให้เล็กหรือใหญ่ตามต้องการได้ จากนั้นลำอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ผ่าน ตัวอย่าง (specimen) ที่ต้องการศึกษา เมื่ออิเล็กตรอนทะลุผ่านตัวอย่างจะวิ่งไปยังเลนส์วัตถุ (objective lens) และจะถูกขยายสัญญาณให้ใหญ่ขึ้นไปยังฉากรับภาพที่ทำให้เกิดเป็นภาพฉาย 2 มิติ โดยที่วัตถุที่มีค่าเลขอะตอม (Atomic number) มาก ภาพที่ได้จะเห็นเป็นสีดำ ส่วนวัตถุที่มีค่าเลขอะตอมน้อย ภาพที่เห็นจะเป็นสีขาว

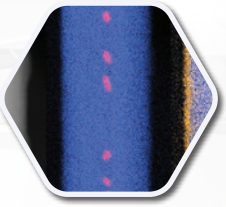
การประยุกต์การใช้งาน

สามารถใช้ในถ่ายภาพและการตรวจสอบโครงสร้างขนาดเล็กมาก ๆ ของตัวอย่าง ทางชีวภาพและกายภาพได้หลากหลาย ประเภท เช่น จุลินทรีย์ เซลล์ โมเลกุลขนาดใหญ่ ชิ้นเนื้อ โลหะ เซรามิก พอลิเมอร์และผลึกต่าง ๆ เป็นต้น

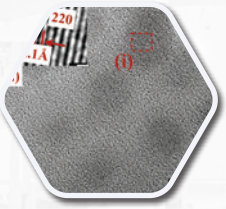
การถ่ายภาพแบบต่างๆ เช่น ภาพพื้นสว่าง (bright-field (BF) image) แบบ 2 มิติ และ 3 มิติ ภาพพื้นมืด (dark-field (DF) image) แบบรูปแบบอิเล็กตรอน แบบเลือกพื้นที่ (selected area diffraction pattern (SADP)) แบบส่องกราดและส่อง ผ่าน (scanning-transmission electron microscopy (STEM)) สเปกโทรสโกปี การกระจายพลังงานของรังสีเอกซ์ (energy dispersive x-ray spectroscopy (EDS)) ถ่ายภาพแผนที่รังสีเอกซ์แบบ 2 มิติ และ 3 มิติ

คุณลักษณะเฉพาะ

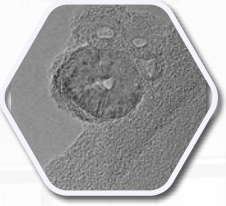
- แหล่งกำเนิดอิเล็กตรอนเป็นแคโทดชนิด field emission แบบ schottky ที่ให้ความสว่างจ้า (Brightness) ได้เท่ากับ 1.0 x 10^{7} A/cm^{2} srad หรือดีกว่า ที่ 200 kV โดยสามารถปรับศักย์ไฟฟ้าแรงสูงได้ในช่วง 80-200 kV



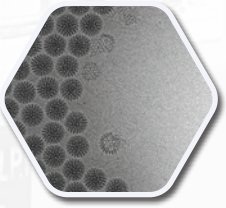
- สามารถศึกษาตัวอย่างที่มีขนาดเล็กสุด (Information limit) ได้ถึง 0.12 นาโนเมตร



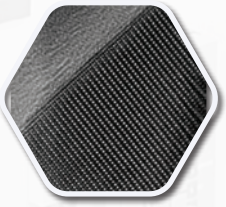
- สามารถแจกแจงรายละเอียดของภาพแบบ Scanning Transmission Electron Microscope (STEM) ด้วยตัวรับสัญญาณแบบ High angle annular dark field (HAADF) ได้ถึง 0.16 นาโนเมตร



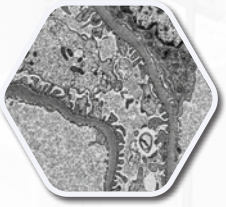
- มีช่วงกำลังขยายของ TEM ในช่วง 25 เท่า ถึง 1,500,000 เท่า



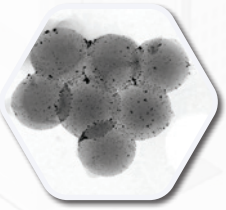
- มีช่วงกำลังขยายของ STEM ในช่วง 150 เท่า ถึง 230,000,000 เท่า



- มุมการกระเจิงอิเล็กตรอนสูงสุด (Maximum diffraction angle) ±12°



- มีซอฟท์แวร์สำหรับประมวลผลภาพแบบ 3 มิติได้ (Tomography Software) สามารถประมวลผลภาพ TEM, STEM และ EDX Tomography



- ชุดวิเคราะห์ธาตุด้วยเทคนิคกระจายพลังงานรังสีเอ็กซ์ (EDS) เป็นชนิด Silicon Drift Detector (SDD) ที่ถูกติดตั้งมาพร้อมกัน จำนวน 4 SDD มี Resolution น้อยกว่าหรือเท่ากับ 136 eV สำหรับ Mn-Kα สามารถวิเคราะห์ธาตุได้ตั้งแต่ Boron (B) ถึง Uranium (U)

กล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม
Atomic Force Microscope (AFM) : Park systems NX10

กล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม เป็นกล้องจุลทรรศน์ชนิดหัวอ่านส่องกราด (Scanning Probe Microscopes, SPMs) ชนิดหนึ่ง โดยอาศัยหลักการของอันตรกิริยาของแรงระหว่าง อะตอม (atomic force) ระหว่างหัวเข็มวัดในระดับนาโนเมตร กับพื้นผิวของสาร และจะทำการประมวลผลออกมาในลักษณะของภาพพื้นผิวทั้งในแบบ 2 มิติ หรือ 3 มิติ โดยการสแกนได้ในแนวนอนมีกำลังแยกแยะ (spatial resolution) 0.04 nm การสแกนในแนวดิ่งมีกำลังแยกแยะ 0.015 nm และสามารถ ศึกษาตัวอย่างได้หลากหลายจึงสามารถศึกษาคุณสมบัติต่างๆ บนพื้นผิวของตัวอย่างได้ เช่น การศึกษาคุณสมบัติวัสดุ เพียโซอิเล็กทริคและไดอิเล็กทริค ศึกษาคุณสมบัติแม่เหล็ก ศึกษาคุณสมบัติไฟฟ้า ศึกษาคุณสมบัติความร้อน วัดแรง วัดค่า Ra (roughness), Friction Force, Particle & Grain analysis, Pitch & height measurement เป็นต้น

ลักษณะของตัวอย่างที่สามารถวัดได้

- ตัวอย่างพื้นผิวที่นำไฟฟ้า, ตัวอย่างพื้นผิวที่เป็นฉนวน, ตัวอย่างที่เป็นของแข็งเรียบ, ตัวอย่างที่ผิวอ่อนนุ่ม เช่น ฟิล์มบางที่เคลือบบนวัสดุรองรับ, ตัวอย่างพอลิเมอร์ และพื้นผิวสารสังเคราะห์ราบเรียบอื่นๆ เป็นต้น
- พื้นผิวตัวอย่างควรมีระดับความสูงต่ำ (roughness) ไม่เกิน 15 ไมโครเมตร
- ขนาดภาพสแกนใหญ่ที่สุดไม่เกิน 100x100 ไมโครเมตร
- ขนาดชิ้นงานตัวอย่างต้องไม่เกิน 50x50x20 มิลลิเมตร (กว้างxยาวxหนา)

โหมดการวัด

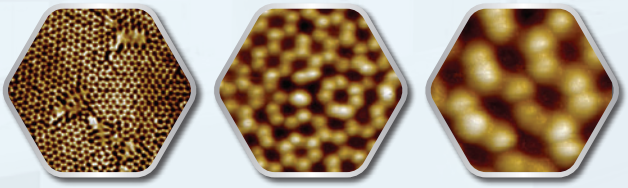
- True Non-Contact AFM Mode โหมดการศึกษาลักษณะพื้นผิวของตัวอย่าง โดยใช้เทคนิคหัวเข็มไม่สัมผัสผิวตัวอย่าง
- Contact AFM Mode โหมดการศึกษาลักษณะพื้นผิวตัวอย่าง โดยเทคนิคหัวเข็มลากสัมผัสบนผิวตัวอย่าง
- Dynamic Force Mode (DFM) โหมดการศึกษาลักษณะพื้นผิวตัวอย่างโดยเทคนิคหัวเข็มเคาะลงบนผิวตัวอย่าง
- Lateral Force Microscopy (LFM) mode โหมดศึกษาแรงสียดทาน (Friction) ของผิวตัวอย่าง
- Phase imaging โหมดศึกษาลักษณะพื้นผิวของผิววัสดุที่มีส่วนผสมแตกต่างกัน
- Force Distance (F-D) Spectroscopy โหมดศึกษาความอ่อนและแข็งของตัวอย่าง ด้วยเทคนิคการกดหัวเข็มลงบนผิวตัวอย่าง
- Force volume imaging โหมดวัดค่าความแข็งความอ่อนบนผิววัสดุ
- Pin Point-Mechanical Mode โหมดศึกษาความอ่อนและความแข็งของวัสดุโดยการกดหัวเข็มลงบนผิวตัวอย่างซึ่งสามารถทำได้แบบเต็มพื้นที่สแกน (Mapping)
- Magnetic Force Microscope (MFM) Mode โหมดศึกษาคุณสมบัติความเป็นแม่เหล็กของวัสดุ วัดการกระจายตัวของแรงแม่เหล็กบนพื้นผิวได้ สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างในกลุ่ม magnetic storage, memory

- Conductive AFM Mode โหมดศึกษาคุณสมบัติการนำไฟฟ้าของวัสดุ สามารถวัดกระแสไฟฟ้า ได้ช่วง -10 μA ถึง 10 μA สามารถเพิ่มแรงดันไฟฟ้า (Bias Voltage) ให้กับตัวอย่างในช่วง –10 ถึง +10 โวลต์ ที่สามารถควบคุมผ่านซอฟแวร์
- Pinpoint-Conductive AFM โหมดศึกษาคุณสมบัติการนำไฟฟ้าของวัสดุ โดยสามารถวัดได้เต็มพื้นที่ทำการสแกน (Current Mapping)
- Electrostatic Force Microscopy (EFM) Mode โหมดศึกษาไฟฟ้าสถิตย์บนผิววัสดุ
- Scanning Kelvin Probe Microscopy (SKPM)Mode โหมดศึกษาศักย์ทางไฟฟ้า (Surface potential) บนผิววัสดุ
- Piezoelectric Force Microscopy (PFM) Mode โหมดศึกษาคุณสมบัติ (ferroelectric strain component) ของผิววัสดุ
- Scanning Thermal Microscopy (SThM) Mode โหมดศึกษาคุณสมบัติการนำความร้อนบนผิววัสดุ ซึ่งมีช่วงอุณหภูมิตั้งแต่อุณหภูมิห้องถึง 160 °C ชุดควบคุมอุณหภูมิบนแท่นวางตัวอย่าง (Temperature Control Stage) ที่สามารถเพิ่มอุณหภูมิบนแท่นวาง ตัวอย่าง ได้ตั้งแต่อุณหภูมิห้อง ถึง 250 องศาเซลเซียส

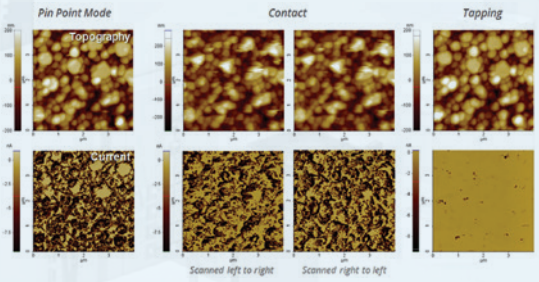
การประยุกต์ใช้งาน

- วิเคราะห์พื้นผิวโลหะชนิดต่างๆ เช่น พื้นผิวของเหล็ก อะลูมิเนียม เพื่อดูลักษณะพื้นผิวและความเรียบ
- วิเคราะห์พื้นผิวของฟิล์มบางบนวัสดุรองรับชนิดต่างๆ เพื่อดูความเรียบและดูการกระจายตัวของสารเคลือบบนผิวฟิล์มบาง
- วิเคราะห์ความหนาของชั้นแผ่นฟิล์ม สารเคลือบฟิล์มในระดับนาโนเมตร
- วิเคราะห์ลักษณะของสนามแม่เหล็กบนแผ่นฮาร์ดดิสก์หรือเครื่องบันทึกข้อมูลที่ใช้แถบแม่เหล็กต่างๆ
- วิเคราะห์ขนาดของอนุภาคระดับนาโน ที่เคลือบบนผิวของตัวอย่าง
- วิเคราะห์ดูการกระจายตัวของสารเติมแต่งต่างๆ ที่รวมตัว หรือกระจายตัวกันอยู่บนพื้นผิวในตัวอย่างพอลิเมอร์

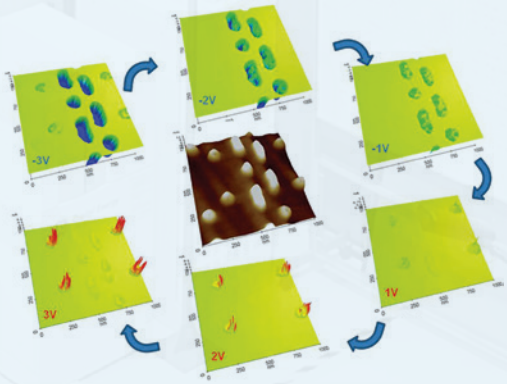
Scan size 1μm x 1μm | Scan size 250nm x 250nm | Scan size 120nm x 120nm



Nano-arrayed particles, Scan size: 1 μm, 250 nm, 120 nm, Using Probe: AR5T-NCHR, Imaged on a Park NX10 using Non-contact Mode.



The conventional contact and tapping conductive AFM have cons and pros. PinPoint iAFM has the best of both spatial resolution and current sensitivity. (ZnO nano-rods, Scan size: 4μm, Using Probe: Solid Pt, Imaged on a Park NX10 using PinPoint Scan Mode.)



The contrast on the Conductive Probe AFM image indicates differences in the electrical property of the raised dots. The topography of a DRAM surface and Conductive Probe AFM image with various sample bias. (SRAM, Scan size: 1μm, Using Probe: CDT-ContR, Imaged on a Park XE-Series using Conductive Probe Mode.)

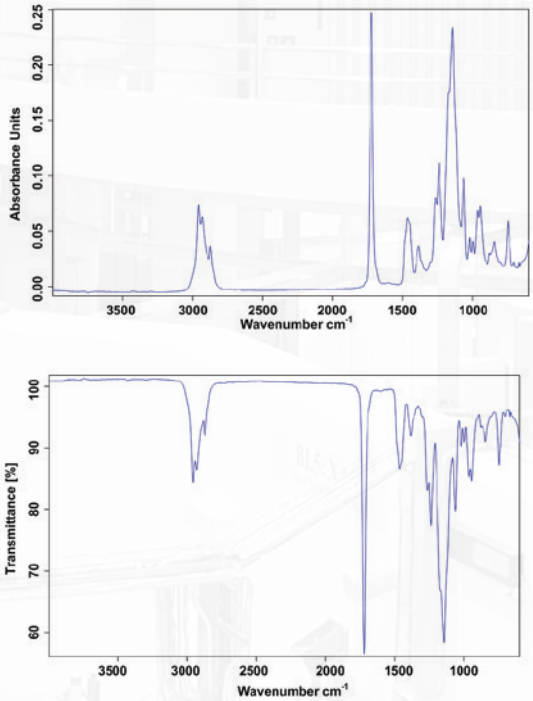
FTIR Spectrometer, Bruker Tensor 27
FTIR-Microscope,Bruker Hyperion 3000

เทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี (Fourier transform Infrared (FTIR) Spectroscopy) เป็นเทคนิคที่ใช้วิเคราะห์ จำแนกประเภทของสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ และพันธะเคมีหรือหมู่ฟังก์ชั่นในโมเลกุล ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ทั้งในเชิงคุณภาพ และเชิงปริมาณ โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ทำให้เกิดการสั่นของ โมเลกุลของสสารในย่านความถี่ของแสงอินฟราเรดช่วงกลาง (Middle infrared region) ช่วงความยาวคลื่น (λ) 2.5-50 μm, ช่วงเลขคลื่น 4000-400 cm^{-1} เป็นเทคนิคที่ไม่ทำลายตัวอย่าง (nondestructive) คือไม่มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของตัวอย่างหลังการวัด นอกจากนี้ยังเป็นวิธีที่สะดวก ไม่ยุ่งยาก ใช้เวลาในการวัดสั้น และมีความปลอดภัยสูง สามารถวัดตัวอย่างได้ทั้งในรูปของแข็งและของเหลว

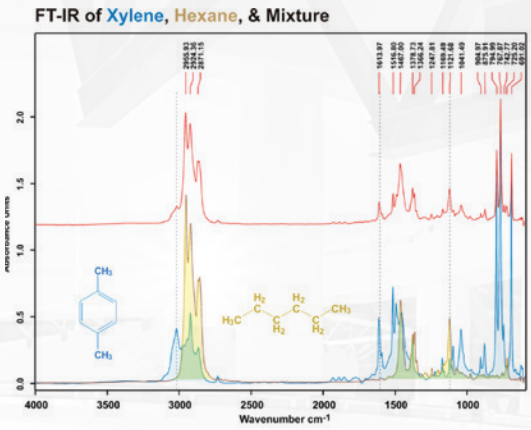
กล้องจุลทรรศน์อินฟราเรด FTIR-Microspectroscope สามารถวัดได้ทั้งแบบการส่องผ่าน (Transmission) และการสะท้อน (Reflection) มีตัวตรวจวัดรังสีอินฟราเรด 2 ชนิด คือ

1) MCT detector วัดตัวอย่างได้ครั้งละ 1 สเปกตรัม

2) Focal Plane Array (FPA) detectors สามารถวัดสเปกตรัมสูงสุดได้ครั้งละ 4,069 สเปกตรัม จึงทำให้การสร้างแผนภาพการกระจายตัวของหมู่ฟังก์ชั่นได้รวดเร็วกว่า MCT detector



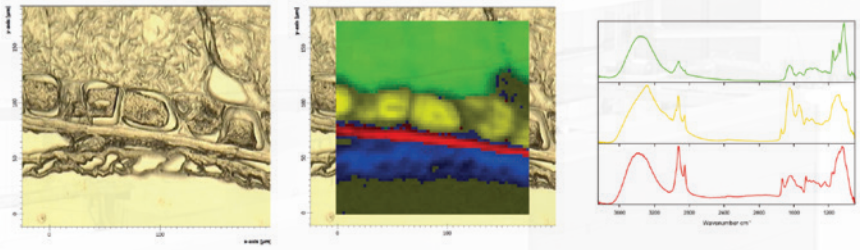
รูป 1 ลักษณะสเปกตรัมที่พล็อตแบบค่าการดูดกลืนคลื่นอินฟราเรด (%T) หรือ Absorbance Units



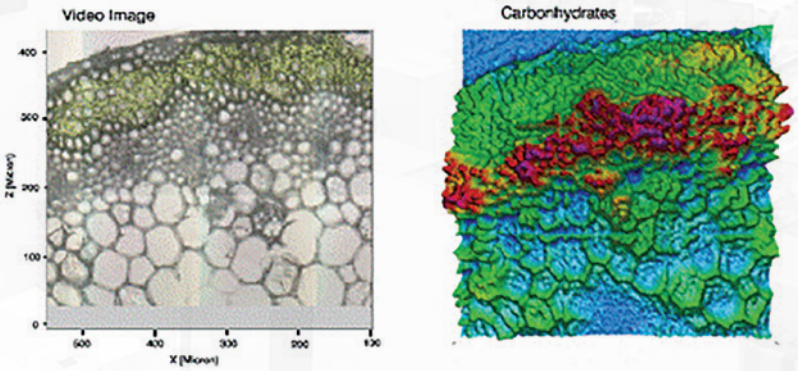
รูป 2 ตัวอย่างสเปกตรัมของตัวอย่างที่มีการผสมสารหลายชนิด เช่น Xylene, Hexane และ สารผสมอื่นๆ

- อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่างแบบสัมผัสตัวอย่าง (Single Reflection ATR) สามารถปรับเปลี่ยนและควบคุมอุณหภูมิได้ถึง 80 องศาเซลเซียส.
- เลนส์ FTIR-ATR Microscope (20x ATR objective) สำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่างทึบแสงขนาดเล็ก สามารถใช้ ATR objective กดไปที่ตัวอย่างได้โดยตรง
- อุปกรณ์ Micro Compression Cell ชนิด Diamond window
- อุปกรณ์ Grazing incidence reflection ที่มีมุมตกกระทบของแสง 80 องศา
- polarizer แบบหมุนอัตโนมัติ

- สามารถแสดงผล แบบ 2D-3D dimension และประมวลผลแบบ Chemical Imaging สามารถนำมาใช้ประโยชน์ตรวจสอบหมู่ฟังก์ชัน ดังรูปที่ 3-4 แสดงการวิเคราะห์ส่วนประกอบของเมล็ดธัญพืช ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ เทคนิคนี้สามารถใช้ได้ในหลายกลุ่มงานวิจัย เช่น ด้านวิทยาศาสตร์การแพทย์และวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ด้านอาหาร อาหารเสริม ด้านเครื่องสำอาง ด้านยางและพอลิเมอร์ และด้านอัญมณี เป็นต้น



รูป 3 ตัวอย่างการวิเคราะห์และประมวลผลแบบ Chemical Image ในตัวอย่าง เมล็ดธัญพืช (ซ้าย) จะเห็นภาพและสเปกตรัมแต่ละชั้นได้อย่างชัดเจน (กลาง) Endosperm (สีเขียว, integration range 1070 – 996 cm^{-1}), aleuron (สีเหลือง, 1758 – 1740 cm^{-1}), seed coat layer (สีแดง, 1744 – 1727 cm^{-1}) และ pericarp (สีน้ำเงิน, 1349 – 1297 cm^{-1})



รูป 4 ตัวอย่าง Wheat stem (ซ้าย) ที่วิเคราะห์ด้วย FT-IR imaging system BRUKER HYPERION 3000 FPA detector, 15x objective, pixel resolution 2.7 μm และ(ขวา) แสดง 3D contour plot ของ carbohydrates (1140 – 900 cm^{-1})

อ้างอิง

(1) รศ.แม้น อมรสิทธิ์ และคณะ. (2552). หลักการและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ, ชวนพิมพ์, หน้า 139-197.

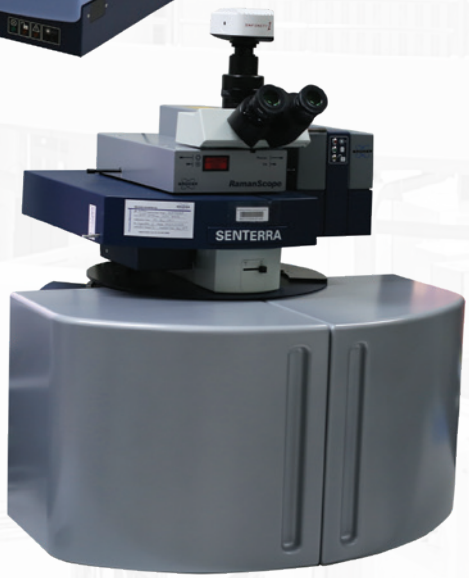
(2) Bruker Optics. Application Note AN # 133, 403, 407, 409, 410, 412. Bruker. (2016). Available at: https://www.bruker.com/products/infrared-near-infrared-and-raman-spectroscopy/ft-ir-microscopes-raman-microscopes/hyperion/learn-more.html.

FT-RAMAN spectrometer, Bruker MultiRAM Raman & Dispersive Raman Microscope, Bruker Senterra II dispersive Raman

Raman เป็นเทคนิคที่ใช้ศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างแสงกับสสาร โดยหลักการชนแบบไม่ยืดหยุ่น (inelastic collision ระหว่างโฟตอนกับโมเลกุลของสารโฟตอนอาจได้รับพลังงาน (anti-stoke scattering) หรือสูญเสียพลังงาน (stoke scattering) ให้กับโมเลกุล พลังงานของแสงที่กระเจิงในระดับพลังงานช่วงหนึ่งตั้งแต่น้อยไปมากจะเกิดรูปแบบที่เรียกว่ารามานเสปกตรัม ซึ่งจะบอกถึงหมู่ฟังก์ชันที่มีอยู่ในโมเลกุล และสัมพันธ์กับโครงสร้างทางเคมีของสารหรือวัสดุ โดยสามารถวิเคราะห์ได้ทั้งเชิงคุณภาพและ เชิงปริมาณ และวิเคราะห์ตัวอย่างที่มีขนาดเล็ก ระดับไมโครเมตรได้

เครื่องรามานสเปกโตรมิเตอร์ (Raman Spectrometer) มีให้บริการ 2 เครื่อง คือ FT-RAMAN spectrometer (Bruker Optics Model MultiRAM) มีเลเซอร์ความยาวคลื่น 1064 nm และ Dispersive Raman Microscope (Bruker Optics Model Senterra II) ที่มีเลเซอร์ความยาวคลื่น 532, 785 nm นอกจากนี้ FT-RAMAN ยังเชื่อมต่อกับเครื่อง Raman Microscope (Senterra II) ทำให้สามารถใช้ FT-RAMAN Microscope เลเซอร์ความยาวคลื่น 1064 nm ได้ จึงสามารถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น

เครื่อง MultiRAM Stand Alone FT-Raman Spectrometer



เครื่อง SENTERRA II Compact Dispersive Raman Microscope

ความสามารถในการตรวจวัด

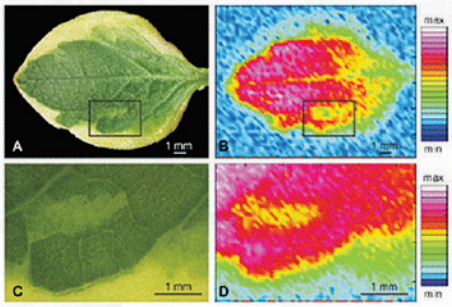
- สามารถตรวจสอบตัวอย่างได้ทั้งชนิด ของแข็ง ของเหลว และผง
- Raman Microscope สามารถวัดตัวอย่างที่มีขนาดเล็กในระดับไมโครเมตรได้
- เป็นเทคนิคที่ไม่ต้องเตรียมตัวอย่างและไม่ทำลายตัวอย่าง (nondestructive) คือไม่มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของตัวอย่างหลังการวัด
- สามารถตรวจวัดในโหมดติดตามการเปลี่ยนแปลงตามเวลาทดสอบได้แบบต่อเนื่อง (Real time On-line) จึงประยุกต์ใช้เพื่อการศึกษาลักษณะการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีของปฏิกิริยาต่าง ๆ ได้
- สามารถตรวจวิเคราะห์หาองค์ประกอบของสารโดยวัดเปรียบเทียบรามานสเปกตรัมของวัสดุหรือสารที่กำลังตรวจสอบเทียบกับสเปกตรัมของสารมาตรฐานที่ได้บันทึกไว้หรือที่มีอยู่แล้วใน Library ของฐานข้อมูล
- เป็นเทคนิคที่ใช้ทดสอบตัวอย่างเพื่อการควบคุมคุณภาพได้ทั้งในห้องปฏิบัติการหรือในกระบวนการผลิตได้

การประยุกต์ใช้งาน

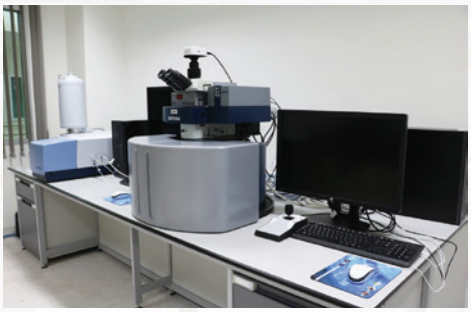
สามารถใช้วิเคราะห์ตัวอย่างได้หลากหลาย เช่น อาหาร ยา เครื่องสำอาง พอลิเมอร์ วัสดุ ตัวอย่างสารเคลือบผิว รายละเอียดดังนี้

ด้านอาหาร / ยา / เครื่องสำอางและสารอินทรีย์

- จำแนกสารประกอบอินทรีย์ เช่น Toluene, Acetone, Methanol, Benzene เป็นต้น
- พิสูจน์และจำแนกยาชนิดต่าง ๆ เช่น พาราเซตามอล, ยาปลอม, ยาเสพติด เป็นต้น
- ศึกษาสมบัติภาวะทางพหุสัณฐาน (polymorphism) ของยาและผลิตภัณฑ์ยา
- วิเคราะห์หาองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม เช่น น้ำมันไบโอดีเซล หรือน้ำมันชนิดอื่นๆ เป็นต้น
- ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในผลิตภัณฑ์อาหาร และติดตามการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีในระหว่างกระบวนการให้ความร้อนหรือให้ความเย็น
- ศึกษาสิ่งปนเปื้อนในอาหาร เช่น Melamine และขี้อจุลินทรีย์ทรีย์ก่อโรคต่างๆ
- ศึกษาลักษณะการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีหรือทางกายภาพต่างๆ ในอาหาร เช่น Maillard reaction, lipid oxidation, starch retrogradation เป็นต้น
- ตรวจสอบการสูญเสียของคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร



ตัวอย่างการวิเคราะห์พืชและประมวลผลแบบ Chemical Image ในตัวอย่างใบ Canadal Gold (ภาพ A) จะเห็นภาพการกระจายตัวของ caratenoid (1525 cm^{-1}) ได้อย่างชัดเจน (ภาพ B และ D) ด้วย FT-Raman spectroscopy, Excitation laser 1064 nm, 100 mW, resolution 4 cm^{-1}, ช่วง 100 to 4000 cm^{-1}



เครื่อง SENTERRA II with FT-RAMAN module

ด้านวัสดุ /สารอนินทรีย์

- จำแนกประเภทและชนิดต่าง ๆ ของอัญมณีและหาชนิดวัสดุที่เจือปนในเนื้ออัญมณี
- จำแนกวัสดุประเภทพอลิเมอร์ชนิดต่างๆ เช่น วัสดุเคลือบ Polycarbonate บนแผ่น CD เป็นต้น
- จำแนกสารประกอบอนินทรีย์ เช่น Bariumsulfate, Potassiumnitrate, Rutile & Anatase titaniumdioxide เป็นต้น
- ศึกษาสมบัติทางโครงสร้างของฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชร (Dimond-Like Carbon)
- วิเคราะห์องค์ประกอบและโครงสร้างบริเวณพื้นผิวชิ้นงาน เช่น Wafer, Sensor, Semiconductor เพื่อหาร่องรอยความเสียหาย
- ศึกษาลักษณะการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี (Kinetics) เช่น กระบวนการ Polymerizations เป็นต้น
- หาสารพิษในน้ำ เป็นต้น

อ้างอิง

H. Schulz, M. Baranska, and R. Baranski, "Potential of NIR-FTRaman Spectroscopy in Natural Carotenoid Analysis," Biopolymer, 77, 212-21 (2005).

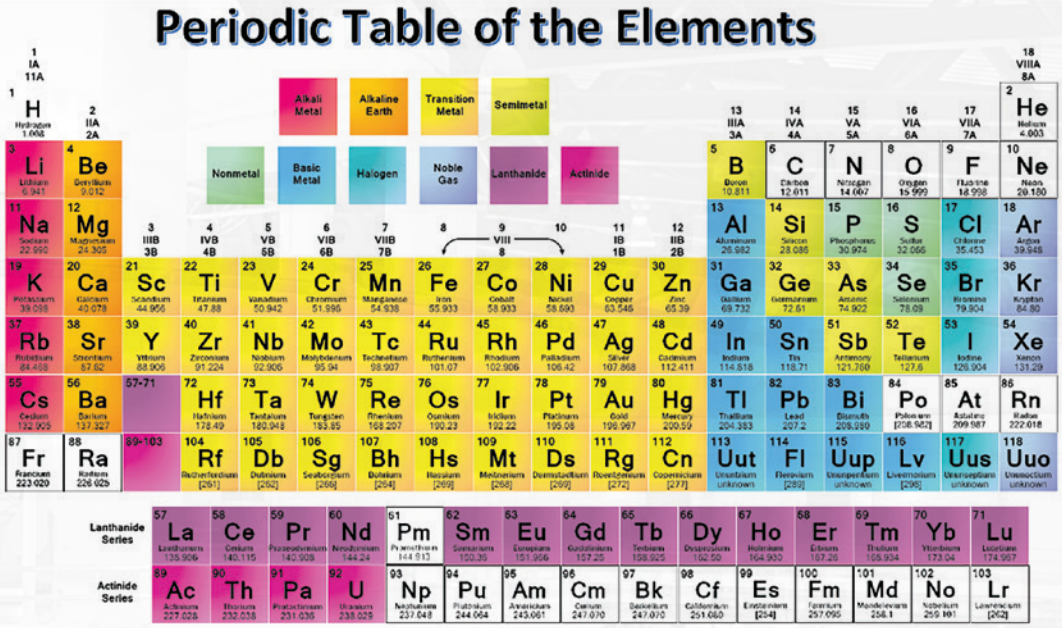
Bruker Optics. Application Note AN # 518, 520, 528. Bruker. (2016). Available at: https://www.bruker.com/products/infrared-near-infrared-and-raman-spectroscopy/raman/senterra-ii/learn-more.html.

Laser Ablation Inductive Couple Plasma Mass Spectrometer (LA-ICP-MS), Thermo: iCAP Q ICP-MS with ESI's IVA™: NWR021 laser ablation

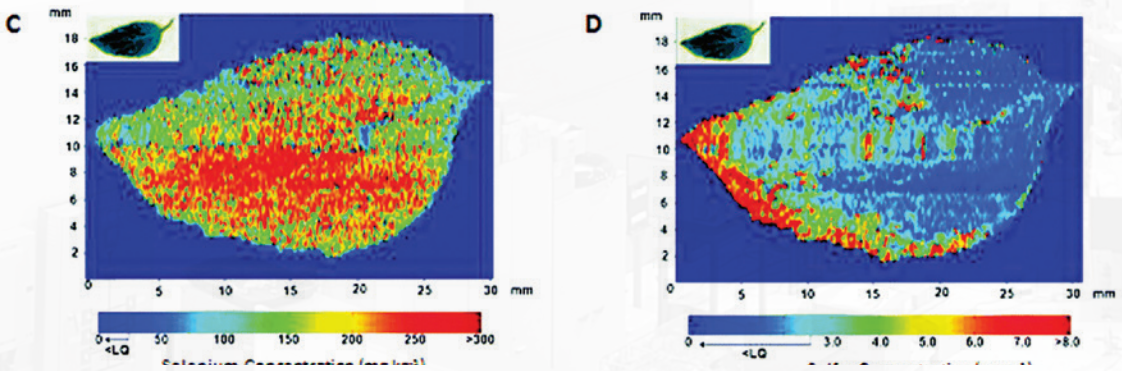
LA-ICP-MS เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุ (elemental analysis) โดยอาศัยหลักการของอะตอมมิกสเปกโทรสโกปี (Atomic spectroscopy) การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคนี้ เป็นการใช้เลเซอร์ยิงไปที่ตัวอย่างให้เกิดการระเหิด (Laser Ablation) แล้วโมเลกุลดังกล่าวจะถูกส่งต่อไปยังเครื่อง ICP เพื่อให้พลังงานจากพลาสมาในการทำให้อิเล็กตรอนวงนอกของอะตอมหลุดออกเกิดเป็นไอออนบวกเกิดขึ้น จากนั้นไอออนบวกจะถูกแยกและวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแมสสเปกโทรสโกปี (Mass spectroscopy) ซึ่งปริมาณไอออนบวกที่เกิดขึ้นจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความเข้มข้นของสารตัวอย่าง

คุณลักษณะเฉพาะ

- สามารถทำการวิเคราะห์หาชนิดของธาตุที่มีความเข้มข้นระดับต่ำได้ถึงระดับส่วนในพันล้านส่วน (parts per billion parts, ppb)
- สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างที่มีสถานะเป็นของแข็งและของเหลวได้
- มีเครื่องดูดและฉีดสารตัวอย่างอัตโนมัติ
- สามารถวิเคราะห์หาชนิดของธาตุได้พร้อมกันถึง 70 ธาตุ
- สามารถวิเคราะห์ธาตุได้ทั้งเชิงคุณภาพ และเชิงปริมาณ
- เครื่อง LA มีแหล่งกำเนิดคลื่นแสงเลเซอร์จาก Neodymium Yttrium Aluminum Garnet (NdYAG) ที่ความยาวคลื่น 213 นาโนเมตร เพื่อใช้กับตัวอย่างที่อยู่ในรูปของแข็งได้โดยไม่ต้องย่อยตัวอย่างด้วยกรด
- สามารถทำแผนภาพการกระจายตัวของชนิดของธาตุบนผิวตัวอย่างได้ (mapping) โดยภาพที่ได้มีความละเอียดในแต่ละจุด (spatial resolution) ถึง 2 ไมครอน



ธาตุที่ไม่ทำการวิเคราะห์ทดสอบด้วยเทคนิค LA-ICP-MS หรือธาตุที่ไม่มีอยู่ในธรรมชาติ



ตัวอย่างการทำแผนภาพการกระจายตัวของชนิดของธาตุบนผิวตัวอย่างได้ (mapping) (Ref: Pozebon, D., Scheffler, G.L., Dressler, V.L., and Nunes, M.A.G. (2014)J. Anal. At. Spectrom., 29, 2204–2228.

เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนต์แบบกระจายความยาวคลื่น

Wavelength Dispersive X- Ray Fluorescence (WDXRF), Rigaku ZSX Primus IV

WDXRF เป็นเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ชนิดและปริมาณธาตุในสารตัวอย่างโดยใช้หลักการเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนต์ มีลักษณะการทำงานเป็นแบบ Wavelength Dispersive สามารถหาปริมาณธาตุได้ตั้งแต่ เบริลเลียม (Be) จนถึง ยูเรเนียม (U) สามารถวิเคราะห์หาปริมาณธาตุที่มีมากในระดับความเข้มข้นสูงตั้งแต่ระดับเปอร์เซ็นต์ (percent) จนถึงมีปริมาณน้อยมากระดับส่วนในล้านส่วน (ppm) เป็นเครื่องที่สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างได้ทั้งของแข็งและของเหลว ในกระบวนการวิเคราะห์สารด้วยเทคนิคเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนต์แบบ Wavelength Dispersive นั้น เกิดจากลำรังสีเอกซ์ที่ได้จากเครื่อง X-ray generator จะถูกส่งไปยังสารตัวอย่างเพื่อให้เกิดอันตรกิริยากับธาตุต่างๆ ในสารตัวอย่าง แล้วเกิดเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ผ่านคอลลิเมเตอร์ (Collimator) เพื่อทำให้ลำรังสีเอกซ์เป็นลำขนานและไปในทิศทางที่ต้องการให้ไปกระทบกับ Analyzing crystal ซึ่งอยู่ในสเปกโทรมิเตอร์ ที่ทำให้เป็นสุญญากาศ Analyzing crystal จะทำหน้าที่กระจายหรือแยกรังสีเอกซ์ออกไปให้มีความยาวคลื่นต่าง ๆ กัน และรังสีเอกซ์ที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ กัน จะถูกส่งไปที่ดีเทคเตอร์ (Detectors) เพื่อแปลงสัญญาณออกมาเป็นสเปกตรัม

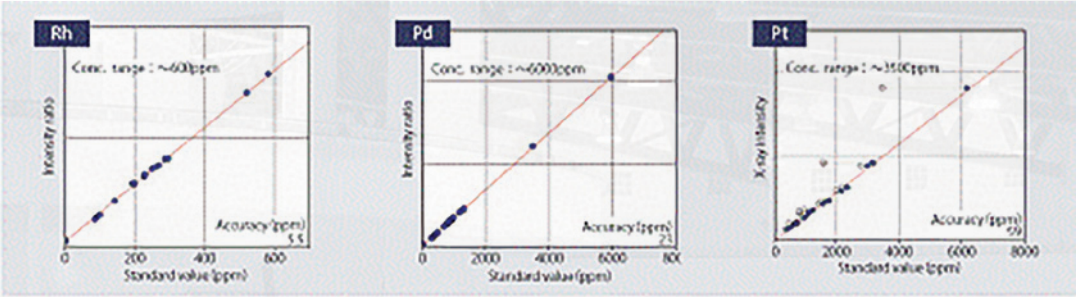
ภาพภายในเครื่อง WDXRF

คุณลักษณะเฉพาะ

X-ray Generator Unit	Tube-Above 4 kW, 60 kV,150 mA
	Rh Target Anode
	End Window 30 Micron
Detectors	• Scintillation counter (SC) สำหรับวิเคราะห์ธาตุหนัก • Flow proportional counter (F-PC) สำหรับวิเคราะห์ธาตุเบา
Analyze Crystal	• LiF(200), LiF(220), GeH, PeTH, RX25, RX40, RX45, RX75
Sample Chamber	• มีระบบการเปลี่ยนตัวอย่างภายในเครื่องแบบอัตโนมัติ (Auto Sample Changer) สามารถวางถ้วยตัวอย่าง (Sample Changer) ได้ 48 ถ้วย • รองรับตัวอย่าง ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 50 มิลลิเมตร และความหนาไม่เกิน 30 มิลลิเมตร • มี Sample mask 3 ขนาด (เส้นผ่านศูนย์กลาง 10, 20 และ 30 มิลลิเมตร) สามารถเลือกให้เหมาะสมตามขนาดของตัวอย่างได้ • สามารถทำงานได้ทั้งระบบสุญญากาศ และก๊าซฮีเลี่ยม • มีระบบการหมุนตัวอย่างขณะวัด • มีระบบการวัดวัดการกระจายตัวของธาตุบนพื้นผิวตัวอย่าง (Micro Mapping) ที่ความละเอียดของการวัด 50 ไมโครเมตร

การประยุกต์ใช้งาน

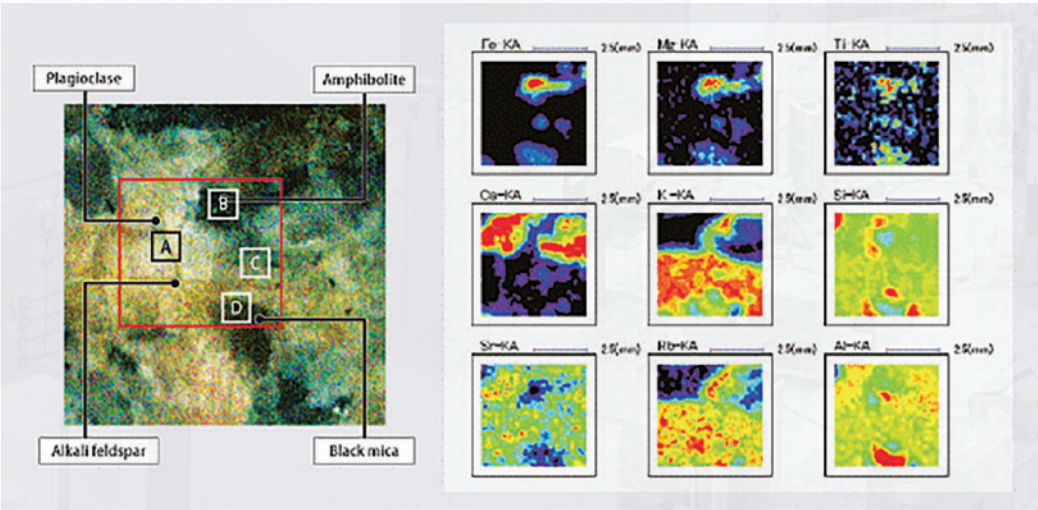
- ลักษณะของตัวอย่างที่สามารถวิเคราะห์ได้ อยู่ในรูปของของแข็ง (solid) เช่น แผ่นโลหะ กระจก แร่ แผ่นหลอม (fused bead) ผงอัด (pressed pellet) ฟิล์มบาง (Thin film) และของเหลว (liquid)
- วิเคราะห์ได้ทั้งเชิงคุณภาพ (Qualitative analysis) และเชิงปริมาณ (Quantitative analysis)
- วิเคราะห์ตัวอย่างแบบที่อ้างอิงกับฐานข้อมูลโดยที่ไม่ใช้สารมาตรฐาน (Standardless หรือ Fundamental method) และสามารถทำกราฟเทียบมาตรฐาน (Calibration Curve) สำหรับธาตุต่าง ๆ ที่ต้องการตรวจวัด



Repeatability test result (Unit: ppm)

Element	Rh	Pd	Pt
N=1	230	798	908
2	233	795	911
3	233	790	910
4	230	795	913
5	233	792	902
Average	232	794	909
Range	3.0	8.0	11.0
Std dev.	1.6	3.1	4.2
RSD (%)	0.71	0.39	0.46

ภาพกราฟเทียบมาตรฐานและผลการวิเคราะห์เชิงปริมาณของ Automotive catalyst



ภาพผลการวิเคราะห์แบบ Micro mapping ของตัวอย่างหิน

อ้างอิง

รศ.แม้น อมรสิทธิ์ และคณะ. (2552). หลักการและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ, ขวนพิมพ์, หน้า 504.

Rigaku, brochure, ZSX Primus IV, Sequential wavelength dispersive X-ray fluorescence, www.Rigaku.com

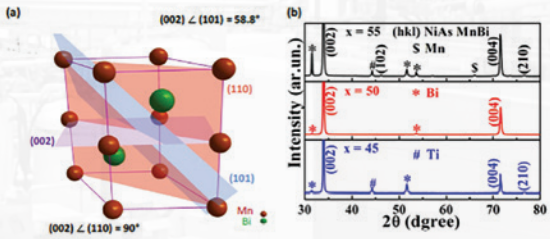
เครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์
X-Ray Diffractometer (XRD), Rigaku SmartLab

เทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน หรือ เทคนิควิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (XRD) เป็นเทคนิคที่นำรังสีเอกซ์ (X-ray) มาใช้วิเคราะห์และระบุชนิดสารประกอบ โครงสร้างผลึกของสารประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่าง ทั้งในเชิงคุณภาพ (Qualitative) และเชิงปริมาณ (Quantitative)

เทคนิควิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ อาศัยหลักการของการยิงรังสีเอกซ์ไปกระทบที่ชิ้นงาน ทำให้เกิดการเลี้ยวเบนและสะท้อนออกมาที่มุมต่าง ๆ กันโดยมีหัววัดสัญญาณ (Detector) เป็นตัวรับข้อมูล องค์ประกอบและโครงสร้างของสารจะมีองศาในการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ ในมุมที่แตกต่างกันออกไปขึ้นกับองค์ประกอบ รูปร่าง และลักษณะผลึก ซึ่งผลที่ได้จึงสามารถบ่งชี้ชนิดของสารประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่างและสามารถนำมาใช้ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับโครงสร้างของผลึกของสารตัวอย่างนั้น ๆ ได้ นอกจากนั้นแล้วยังสามารถศึกษาและวิเคราะห์ปริมาณความเป็นผลึก ขนาดของผลึก ความสมบูรณ์ของผลึก และความเค้นของสารประกอบในสารตัวอย่าง และเมื่อวิเคราะห์กับอุปกรณ์เสริม เช่น อุปกรณ์ให้ความเย็น-ร้อน ก็จะสามารถศึกษาการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผลึกในขณะที่สภาวะทดสอบเปลี่ยนไป

คุณลักษณะเฉพาะของเครื่อง

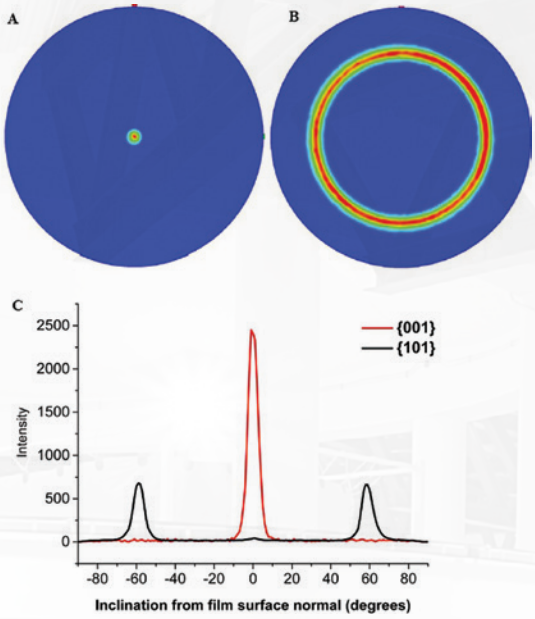
Max Power	9 kW
Monochromator	Ge (220)x4
X-Ray generator	Cu anode, Kα1-1,544 A°
Detector	0D, 1D, 2D



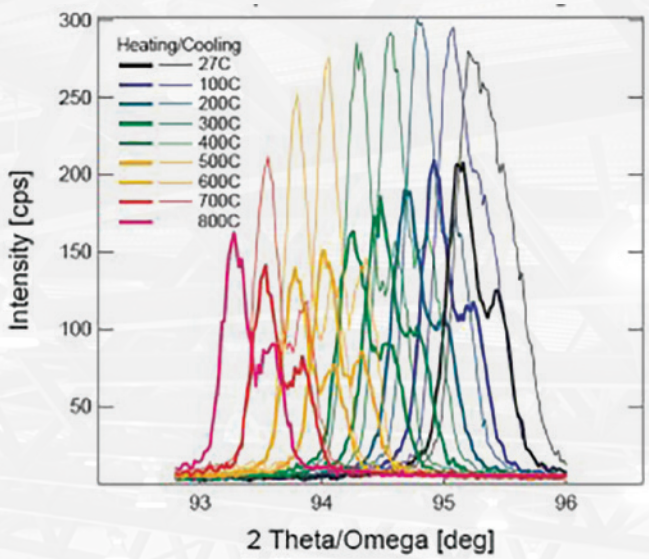
รูป 1 (a) ภาพโครงสร้างผลึก MnBi ในรูปแบบ Hexagonal และแสดงระนาบ (100),(101),(002) (b) ตัวอย่างผลการวิเคราะห์สารประกอบและธาตุที่มีในตัวอย่าง MnBi

การประยุกต์ใช้งาน

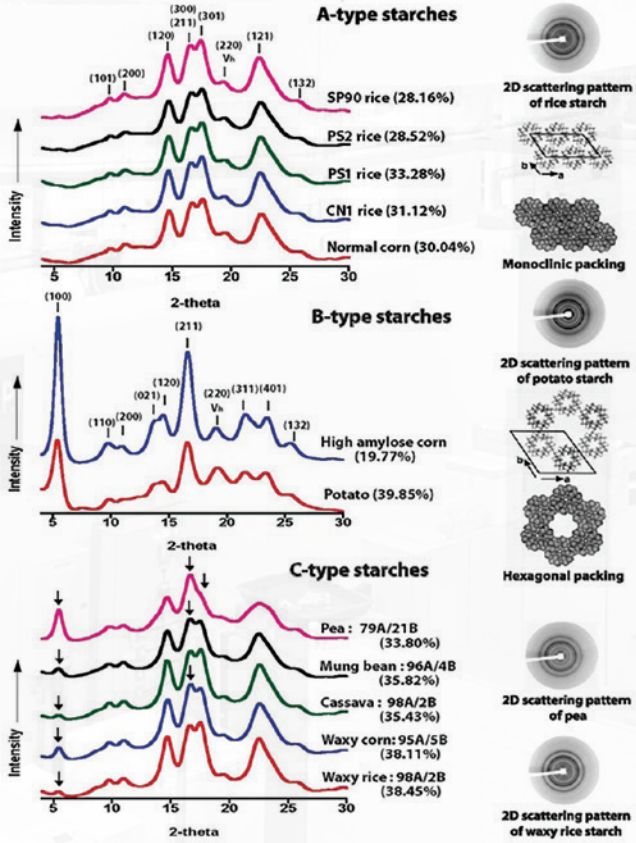
- Small angle x-ray scattering (SAXS) สำหรับการวิเคราะห์ Particle/Pore size distribution ของวัสดุระดับนาโนเมตร
- วิเคราะห์เชิงคุณภาพ (Qualitative analysis) และเชิงปริมาณ (Quantitative analysis)
- วิเคราะห์หาค่าความเป็นผลึก
- วิเคราะห์ตัวอย่างแบบฟิล์มบาง (X-ray reflectivity) ที่ใช้ในการวิเคราะห์หาค่า thickness, density, surface roughness และ interface roughness
- วิเคราะห์แบบ Rietveld refinement
- เปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่างเชิงคุณภาพกับฐานข้อมูลอ้างอิง
- การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของสาร ตั้งแต่อุณหภูมิห้อง จนถึง 1500 องศาเซลเซียส



รูป 2 ตัวอย่างผลการทดสอบโครงสร้างผลึกของฟิล์มบาง MnBi แบบ Pole-figure สำหรับวิเคราะห์รูปแบบของผลึกที่บริเวณพื้นผิว (crystallographic textures) (A) {001}, (B) {101} MnBi Thin Film planes, (C) Line profiles ระหว่างมุมและความเข้มสัญญาณ



รูป 3 ตัวอย่างการวิเคราะห์โครงสร้างผลึก ฟิล์มบางทองแดง ภายใต้สภาวะอุณหภูมิที่สูง



รูปที่ 4 การตรวจวิเคราะห์โครงสร้างและปริมาณผลึกของแป้งชนิดต่างๆ ได้

อ้างอิง

รศ.แม้น อมรสิทธิ์ และคณะ. (2552). หลักการและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ, ชวนพิมพ์, หน้า .

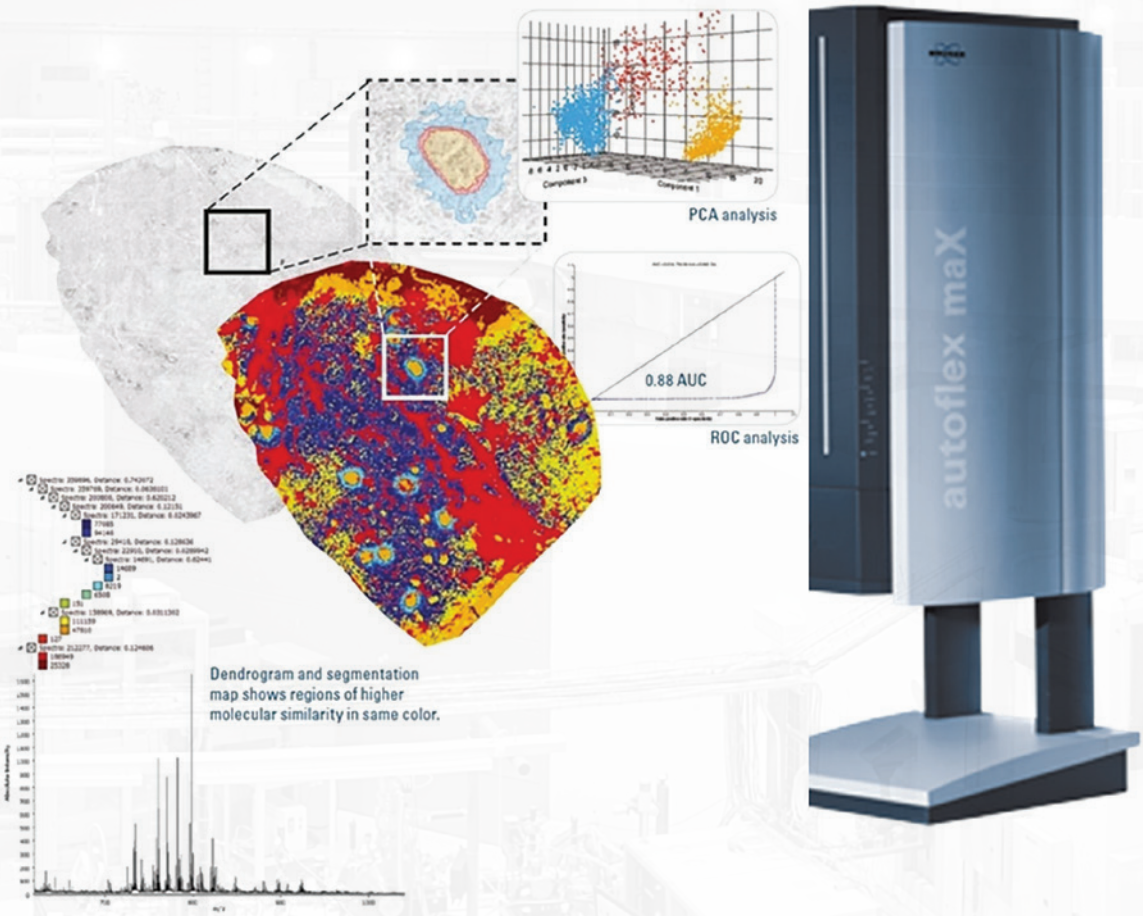
High-energy-product MnBi films with controllable anisotropy, Wenyong Zhang et. al., Phys. Status Solidi B 252, p 1934 (2015).

Rigaku. Application Note: Intelligent X-ray diffraction (XRD) system. Rigaku. (2016). Available at: http://www.rigaku.com/en/products/xrd/smartlab. Accessed September 30, 2016.

Rigaku. Application Note: Intelligent X-ray diffraction (XRD) system/Aceesories. Rigaku. (2016). Available at: http://www.rigaku.com/en/products/xrd/smartlab. Accessed September 30, 2016.

ชุดเครื่องวิเคราะห์มวลของสารชีวโมเลกุล
MALDI-TOF/TOF imaging: BRUKER รุ่น Autoflex maX TOF/TOF

ชุดเครื่องวิเคราะห์มวล MALDI-TOF/TOF imaging เป็นชุดเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ชนิดของสารผสมในตัวอย่างจากการวัดมวลของสาร สามารถทำได้โดยการทำให้สารในตัวอย่างเกิดการแตกตัวเป็นไอออนก่อนการวิเคราะห์ โดยผสมตัวอย่างกับสารแมทริกซ์ (matrix) ซึ่งเป็นสารที่ดูดกลืนพลังงานช่วงรังสียูวี มีผลให้เกิดการกระตุ้นให้สารตัวอย่างแตกตัวเป็นไอออนโปรตรอน ไอออนดังกล่าวจะถูกเร่งความเร็ว แล้วถูกส่งเข้าไปในท่อสุญญากาศเพื่อแยกไอออนตามความเร็วของการเคลื่อนที่ ซึ่งขึ้นอยู่กับมวลต่อประจุ (mass/charge ratio; m/z) ของสารตัวอย่างโดย m คือมวลของสารและ z คือประจุบวกของไอออน โดยที่มวลโมเลกุลน้อยจะเคลื่อนที่ไปได้เร็วกว่ามวลโมเลกุลใหญ่ ระยะเวลาที่ไอออนเดินทางจากจุดเริ่มต้นจนถึงตำแหน่งตรวจจับ เรียกว่า time of flight จะถูกคำนวณเป็นมวลของตัวอย่าง



รูปที่ 1 MALDI-TOF/TOF Imaging
(ที่มา: ดัดแปลงจาก www.bruker.com และ www.news-medical.net/whitepaper/20190306)

คุณสมบัติของเครื่อง

- แหล่งให้พลังงานเลเซอร์ (Laser Source) เป็นแบบ Smartbeam-IITM Solid State Laser Technology ความถี่สูงสุดถึง 2 kHz สามารถบีบขนาดลำแสงได้เล็กลงถึง 10 ไมโครเมตร (μm)
- ส่วนวิเคราะห์มวล (Mass Analyzer) เป็นแบบ Time-of-Flight/Time-of-Flight Mass Analyzer (TOF/TOF MS) ซึ่งมีประสิทธิภาพในการทำ Fragmentation แบบ MS2 ได้เป็นอย่างดี
- มีระบบ LIFTTM Ion Optics สำหรับเพิ่มความสามารถในการเลือกไอออนที่ต้องการทำให้เกิด Fragmentation ในโหมด MS/MS ได้
- มีระบบ High Energy CID (Collision Induced Dissociation) เพื่อช่วยเพิ่มความสามารถในการแตกตัวของสารที่ต้องการวิเคราะห์
- มีความสามารถในการแยกมวล (Mass Resolution) สูงสุด 26,000 FWHM เมื่อทำการทดสอบด้วย Somatostatin 28 ที่มีน้ำหนักโมเลกุล 3,147.47 m/z
- ความถูกต้องในการตรวจวัดมวล (Mass Accuracy) มีความผิดพลาดไม่เกิน 2.0 ppm ในการวัดแบบ Internal Calibration และ 10 ppm ในการวัด External Calibration ใน Reflector TOF
- สามารถทำการวิเคราะห์มวลสารได้สูงสุด 500 kDa สำหรับการทำงานแบบ Linear mode
- สามารถทำ Top-down sequencing โดยใช้เทคนิค In-source decay เพื่อทดแทน protein sequencer
- มี ProteinScape software ที่ใช้ในการจัดการทำ Data Mining เพื่อใช้ในการค้นหาข้อมูลรายละเอียดและรูปแบบจากฐานข้อมูลได้โดยอัตโนมัติ สามารถแสดงทำการประเมินผลและสื่อสารรับส่งข้อมูลทางด้านโปรตีโอมิกส์ที่มีจากหลาย ๆ แหล่งข้อมูลได้

การประยุกต์ใช้งาน

- สามารถวิเคราะห์และระบุชนิด ขนาดของโปรตีน เป็บไทด์ กรดนิวคลิอิก กรดอะมิโน ไขมัน เปบทิโดไกลแคน ไกลโคโปรตีน พอลิเมอร์ และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้ และสามารถค้นหา เปรียบเทียบชนิดจากฐานข้อมูลได้
- สามารถวิเคราะห์ Glycoprotein หรือศึกษา Glycosylation ได้
- สามารถประมวลผลทางด้านสถิติ เพื่อบ่งบอกถึงการปลี่ยนแปลงของโปรตีน (Biomarker) ในชิ้นตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ได้ สำหรับงานทางด้าน Clinical Proteomics (ClinProTools)
- สามารถประมวลผลทางด้านการวิเคราะห์ บ่งบอก และจัดจำแนกเชื้อจุลินทรีย์ในระดับสปีชีส์ (Identification and Classification for microorganisms) ได้
- สามารถทำการศึกษาชิ้นตัวอย่างได้โดยตรง โดยไม่ต้องสกัดออกจากตัวอย่าง และสามารถบอกตำแหน่งการสะสมของสารหรือโมเลกุลที่สนใจบนชิ้นตัวอย่างได้โดยตรงจากการทำแผนภาพการกระจายตัวของสาร (Chemical Distribution mapping) ได้

เครื่องทดสอบการซึมผ่านแนวตั้ง
Franz Diffusion Cell (FDC): Hanson, Vision G2,Automated diffusion testing

ภาพที่ 1 เครื่องFranz Diffusion Cell รุ่น Vision G2

Franz Diffusion Cell (FDC) หรือ Vertical Diffusion cell (VDC) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบการซึมผ่านแนวตั้ง สามารถศึกษาการปลดปล่อย การแพร่ผ่าน การซึมผ่าน ของสารสำคัญทางยาและเครื่องสำอางผ่านเยื่อกั้นผิวหนังสิ่งมีชีวิตหรือผิวหนังสังเคราะห์ โดยการทดสอบการซึมผ่านของสารสำคัญ ภายนอกร่างกาย (*In vitro* permeation) จำเป็นที่จะต้องมีการสร้างแบบจำลอง (experiment model) เพื่อควบคุมสภาวะต่าง ๆ ให้คล้ายคลึงกับสภาวะของสิ่งมีชีวิตที่ต้องการทดสอบมากที่สุด เหมาะกับสารตัวอย่างที่มีปริมาณน้อยและมีความหนืดจึงสามารถทดสอบตัวอย่างได้ทั้งสารละลาย ครีม ขี้ผึ้ง เจล และโลชั่น

เครื่อง Franz Diffusion Cell รุ่น Vision G2 เป็นระบบอัตโนมัติ (Automated diffusion testing) สามารถเก็บตัวอย่างและเติมสารละลายได้พร้อมกันครั้งละ 6 ตัวอย่าง มีขนาด Vertical Diffusion cell 2 ขนาด คือ 7 และ 12 มิลลิลิตร สามารถตั้งเวลาในการ สุ่มเก็บตัวอย่างได้ต่อเนื่องถึง 40 วัน เหมาะสำหรับนักวิจัยที่ต้องการพัฒนาตำหรับยา หรือสูตรผลิตภัณฑ์ และงานทางด้านความปลอดภัยของสารเข้าสู่ร่างกาย โดยคำนวณปริมาณการซึมผ่านของสารสำคัญแบบสะสมต่อพื้นที่ต่อเวลา (Cumulative amount) ด้วยเครื่องมือหรือเทคนิคที่เหมาะสมกับสารสำคัญนั้น ๆ

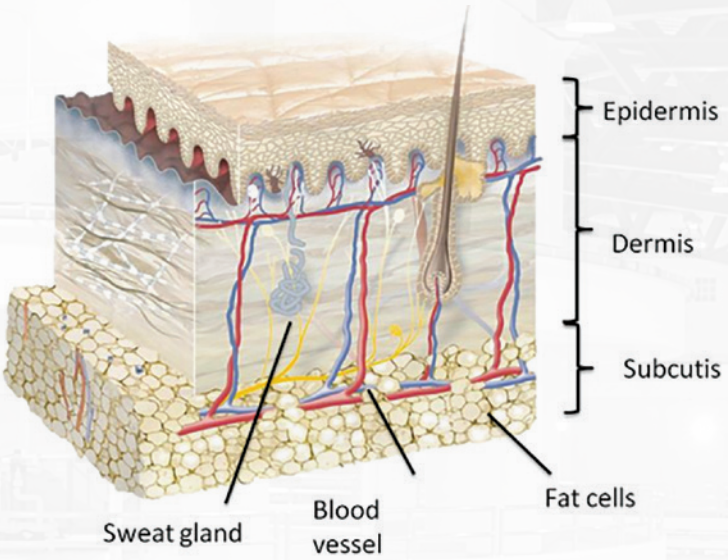
อุปกรณ์เครื่อง Franz Diffusion Cell ประกอบไปด้วย

อุปกรณ์	การใช้งาน
Circulating Waterbath	ควบคุมอุณหภูมิของ cells ได้ในช่วงอุณหภูมิห้อง ถึง 45 องศาเซลเซียส มีค่าความถูกต้องอยู่ในช่วง ±0.5 องศาเซลเซียส
Vision® Microette™	เป็นระบบ Automated diffusion testing ที่สามารถสั่งงานผ่านโปรแกรมเพื่อควบคุมอุณหภูมิ ความแม่นยำในการสุ่มเก็บตัวอย่างเวลาในการเก็บตัวอย่างได้ต่อเนื่องถึง 40 วัน
6-Cell Drive System (includes 6 VDCs)	สามารถติดตั้ง Cells ได้พร้อมกันอย่างน้อย 6 ชิ้น มีชุด Cells บรรจุสารละลาย 7 และ 12 มิลลิลิตร มี cell tops ที่เหมาะสมกับตัวอย่างอย่างหลากหลาย (ภาพที่ 2) และสามารถควบคุมการหมุนกวนของสารที่ใส่ลงใน Cells ที่ความเร็วสูงสุด 2000 รอบต่อนาที
Vision® AutoFill™	Rack สำหรับวางขวดเก็บตัวอย่างที่เป็นระบบอัตโนมัติ

ภาพที่ 2 Vertical Diffusion Cells (Cell Tops) แบบ Standard Cell Top (ขวา) และ Open Cell Top with Cap (ซ้าย) โดย Standard Cell Top เหมาะกับตัวอย่าง ที่มีความหนืดสูง เช่น ครีม ขี้ผึ้ง เจล และ Open Cell Top with Cap เหมาะกับตัวอย่างที่มีความหนืดน้อย เช่น ยาน้ำ โลชั่น เป็นต้น

การประยุกต์ใช้งาน

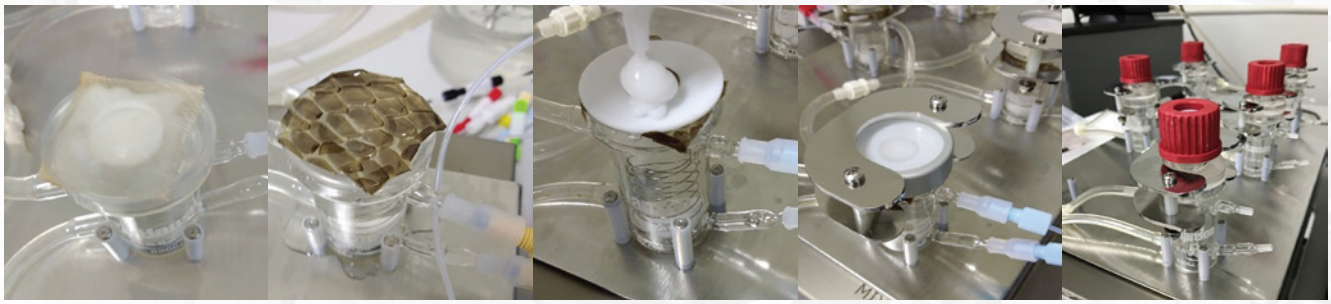
- ตรวจสอบความสามารถในการกักเก็บสารและการซึมแพร่ผ่านของสารสำคัญเข้าสู่ผิวหนัง
- ตรวจสอบประสิทธิภาพในการปลดปล่อยสารสำคัญออกจากสูตรยาต่าง ๆ
- ตรวจสอบประสิทภาพในการนำส่งสารสำคัญผ่านชั้นผิวหนังระดับต่าง ๆ



ภาพที่ 3 โครงสร้างผิวหนัง

ตัวอย่างเยื่อกั้นที่ใช้ในการทดสอบชนิดต่างๆ

ชนิดเยื่อกั้น (Membrane)	ตำแหน่งการทดสอบ	ชนิดตัวอย่าง
ผิวหนังชั้นนอกของลูกหมู	ผิวหนังชั้นนอก (Epidermis)	ยา, เครื่องสำอางประเภท ครีม, เจล
ผิวหนังชั้นนอกจำลอง (Strat-M)	ผิวหนังชั้นนอก (Epidermis)	ยา, เครื่องสำอางประเภท ครีม, เจล
หลอดอาหารสัตว์	เยื่อเมือก (Mucosa), ช่องปาก	ยา, อาหารเสริม,เจล
คราบงู	ผิวหนังชั้นนอก (Epidermis), เส้นผม	ยา, เครื่องสำอางประเภท ครีม, เจล, ยาสระผม
กระดาษกรอง	การปลดปล่อย, การแพร่	ยา, ครีม,เจล
แผ่นไดอะไลซิส Dialysis	การปลดปล่อย, การแพร่	ยา, ครีม,เจล



ภาพที่ 4 การใช้ (1) หนังหมู (2) คราบงู เพื่อในทดสอบอัตราการซึมผ่านของครีมทาผิวต่อพื้นที่ต่อชั่วโมง

เครื่องโครมาโทกราฟีเหลวสมรรถนะสูง
(High Performance Liquid Chromatography (HPLC): Thermo Scientific รุ่น Dionex Ultimate 3000 System)

เครื่องโครมาโทกราฟีเหลวสมรรถนะสูง เป็นเครื่องมือสำหรับตรวจวิเคราะห์สารผสม โดยอาศัยความแตกต่างในการละลายหรือการดูดซับของสารตัวอย่าง ในเฟสคงที่ (Stationary phase) ที่อาจจะเป็นของแข็งหรือของเหลวที่บรรจุอยู่ในคอลัมน์ (Column) และของเหลวซึ่งเป็นเฟสเคลื่อนที่ (Mobile phase) ทำให้เกิดอัตราการเคลื่อนที่ของสารตัวอย่างบนเฟสคงที่ ที่ต่างกันภายใต้ความดันสูง ทำให้เกิดการแยกของสารองค์ประกอบในตัวอย่าง โดยเฟสเคลื่อนที่จะเป็นตัวพาสารที่แยกได้จากการเคลื่อนที่ผ่านคอลัมน์ไปสู่ตัวตรวจวัด (detector) แล้วแสดงผลเป็นโครมาโทแกรม สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ

High Performance Liquid Chromatography with Diode Array Detector and Refractive Index Detector

โหมดการตรวจวัด

- ส่วนตรวจวัดสารชนิดวัดดรรชนีการหักเห (Refractive index detector (RI)) ยี่ห้อ Thermo Scentific รุ่น RefractoMax 521 สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ในช่วง 30-55 °C และวัดค่าดัชนีหักเหของแสงของสารละลายได้ในช่วง 1.00 - 1.75 RIU
- ส่วนตรวจวัดการดูดกลืนแสงของสารชนิดไดโอดอาเรย์ (Diode array detector (DAD)) Thermo Scentific รุ่น Dionex Ultimate 3000 Diode Array Detector สามารถตรวจวัดได้ในช่วงความยาวคลื่น 190-800 nm

คอลัมน์ที่รองรับการให้บริการ

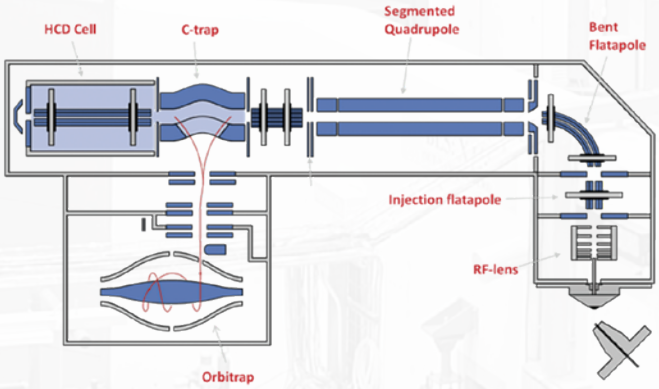
- Accucore C18 (100 × 2.1 mm, 2.6 µm; Thermo Scientific)
- Hypersil GOLD (100 × 2.1 mm, 1.9 µm; Thermo Scientific)
- Hypersil GOLD HILIC (100 × 2.1 mm, 1.9 µm; Thermo Scientific)
- HYPERCARB (100 × 2.1 mm, 3 µm; Thermo Scientific)
- Acclaim 120 ° C8 (100 × 4.6 mm, 5 µm; Thermo Scientific)
- Acclaim Organic (OA) (150 × 3.0 mm, 3 µm; Thermo Scientific)
- Acclaim 300 ° C18 (150 × 2.1 mm, 3 µm; Thermo Scientific)
- HyperREZ XP carbohydrate Ca++ (300 × 7.7 mm, 8 µm; Thermo Scientific)

การประยุกต์ใช้งาน

- การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว โมเลกุลคู่ และโอลิโกแซคคาไรด์
- การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น สารประกอบฟีนอลิก วิตามิน กรดอะมิโน และกรดอินทรีย์ต่าง ๆ เป็นต้น
- การวิเคราะห์สารปนเปื้อนในอาหาร เครื่องดื่ม และสิ่งแวดล้อม

เครื่องแยกสารด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟฟีเหลว และวิเคราะห์มวลแบบประสิทธิภาพสูง
(High Resolution LC-MS/MS: Thermo Scientific รุ่น Q EXACTIVE Plus Orbitrap LC-MSMS System)

เครื่องแยกสารด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟฟีเหลวและวิเคราะห์มวลแบบประสิทธิภาพสูง เป็นเครื่องมือสำหรับตรวจวิเคราะห์สารผสมในตัวอย่างโดยอาศัยความแตกต่างในการละลายหรือการดูดซับของสารตัวอย่างในเฟสคงที่ (Stationary phase) ที่อาจจะเป็นของแข็งหรือของเหลวที่บรรจุอยู่ในคอลัมน์ (Column) และของเหลวซึ่งเป็นเฟสเคลื่อนที่ (Mobile phase) ทำให้เกิดอัตราการเคลื่อนที่ของสารตัวอย่างบนเฟสคงที่ ที่ต่างกันภายใต้ความดันสูง ไปสู่เครื่องวิเคราะห์มวลโมเลกุล (Mass spectrometer) ซึ่งประกอบด้วยชุดคัดเลือกมวลความละเอียดสูงแบบ Quadruple และชุดวิเคราะห์มวลแบบความละเอียดสูง Orbitrap (High Resolution Accurate Mass) ทำให้มีความสามารถหลายหลายและมีประสิทธิภาพ ใช้งานได้ทั้งทางด้านคุณภาพวิเคราะห์และปริมาณวิเคราะห์



รูปที่ 1 Q Exactive Plus-LC MSMS system (ที่มา www.thermofisher.com และ https://planetorbitrap.com)

คุณสมบัติของเครื่อง

- เครื่องวิเคราะห์มวล (Mass Analyzer) สามารถทำงานวิเคราะห์มวลได้ในโหมด MS และ MSMS โดยใช้เทคโนโลยี “Orbitrap” ซึ่งเป็นเครื่องไอออนไซโคลตรอนเรโซแนนซ์
- เครื่องวิเคราะห์มวลสามารถแยกมวลได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงที่ความละเอียด (Resolution) 280,000 FWHM ที่ m/z 200
- สามารถแยกสารที่มีมวลต่างกันได้ในระดับน้อยกว่า 0.0008 m/z
- สามารถวัดมวลได้ในช่วง 50-6,000 m/z
- มีค่าความถูกต้องในการวัดมวล (Mass Accuracy) น้อยกว่า 3 ppm RMS เมื่อใช้ external calibration และน้อยกว่า 1 ppm RMS เมื่อใช้ internal calibration
- มีชุดกำเนิดไอออนชนิด Atmospheric Pressure Ionization (API) Source ซึ่งมีชนิดของโพรบสำหรับสร้างไอออนแบบ Electrospray Ionization (ESI) และ Atmospheric Pressure Chemical Ionization (APCI)
- Detection Limit ที่ต่ำกว่า 10 โมล

โหมดการตรวจวัด

- โหมดการวัดแบบ Full MS Scan คือ การวัดเพื่อให้ได้ข้อมูลของสารทั้งหมดที่มีอยู่ในตัวอย่างโดยหลังจากเกิดการ Ionization ที่ชุดกำเนิดไอออน มวลประจุที่เกิดขึ้นทั้งหมดจะเข้าสู่ Quadrupole แล้วต่อไปยังไปที่ Orbitrap Mass Analyzer เพื่อวิเคราะห์มวลแบบละเอียด โดยไม่มีการแตกตัวของมวลประจุที่ HCD Cell (Collision Cell)
- โหมดการวัดแบบ Selected Ion Monitoring (SIM) คือ โดยหลังจากเกิดการ Ionization ที่ชุดกำเนิดไอออน Quadrupole Mass Analyzer จะคัดเลือกเฉพาะมวลประจุของสารที่ถูกกำหนดไว้ แล้วส่งผ่านไปวิเคราะห์มวลแบบละเอียดสูงที่ Orbitrap Analyzer โดยไม่มีการแตกตัวของมวลประจุที่ HCD Cell (Collision Cell)
- โหมดการวัดแบบ Parallel Reaction Monitoring (PRM) คือ การตรวจวัดสารที่สนใจโดยกำหนดมวลประจุแม่ (Parent ion หรือ Precursor ion) และชุดของมวลประจุลูก (Product ions) ซึ่งเป็นแบบแผนเอกลักษณ์เฉพาะของมวลประจุแม่นั้นๆ โดยลักษณะการแตกตัวของ Parent ion จะต้องให้ชุดของ product ions ตามที่กำหนดเท่านั้นเท่านั้นจึงจะถือว่าการพิสูจน์ชนิดของสารถูกต้อง ซึ่งถือเป็นโหมดการวัดที่มี Selectivity และ Sensitivity สูง
- โหมดการวัดแบบ All-Ion-Fragmentation (AIF) คือ การทำ Full Scan แบบ MS2 หรือ Full mass range fragmentation mode โดย Precursor ions ทุกๆ ไอออนที่ผ่านเข้ามาใน Quadrupole Mass Analyzer จะถูกส่งไปแตกตัวต่อที่ Collision cell แล้วถูกส่งไปวิเคราะห์มวลแลละเอียดสูงที่ Orbitrap Mass Analyzer ทำให้ได้ Fragmentation pattern แบบ Full-MS2 ซึ่งจัดเป็นข้อมูลการแตกมวลที่มีคุณภาพสูง เหมาะกับงานประเภท untargeted screening และ targeted screening

คอลัมน์ที่รองรับการให้บริการ

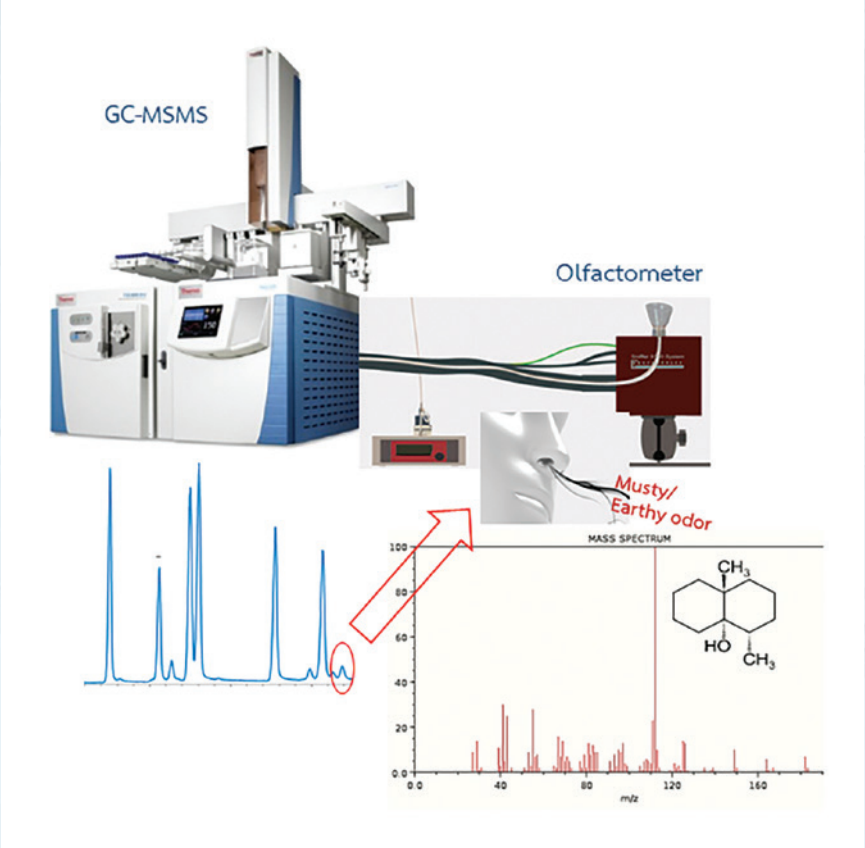
- Accucore C18 (100 × 2.1 mm, 2.6 µm; Thermo Scientific)
- Hypersil GOLD (100 × 2.1 mm, 1.9 µm; Thermo Scientific)
- Hypersil GOLD HILIC (100 × 2.1 mm, 1.9 µm; Thermo Scientific)
- HYPERCARB (100 × 2.1 mm, 3 µm; Thermo Scientific)
- Acclaim 120 ° C8 (100 × 4.6 mm, 5 µm; Thermo Scientific)
- Acclaim Organic (OA) (150 × 3.0 mm, 3 µm; Thermo Scientific)
- Acclaim 300 ° C18 (150 × 2.1 mm, 3 µm; Thermo Scientific)

การประยุกต์ใช้งาน

- การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ การวิเคราะห์หาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ จากตัวอย่างพืชสมุนไพรไทย
- การวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบระหว่าง 2 ตัวอย่างหรือมากกว่า หรือการเปรียบเทียบลายพิมพ์ระดับโมเลกุล (molecular fingerprint) ของตัวอย่าง สามารถใช้เป็นข้อมูลติดตามระดับการเปลี่ยนแปลงในแต่ละสภาวะควบคุมได้
- การศึกษากลไกการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางเคมีโดยรวมในระหว่างกระบวนการผลิต การแปรรูปและการเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์
- การศึกษาติดตามการเปลี่ยนแปลงของสาร ชีวโมเลกุลแบบองค์รวม (Metabolomics) เช่น เพื่อติดตาม ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระดับเมตาโบลิซึมของผู้รับประทานอาหารเชิงหน้าที่ (Functional Foods) หรือผู้ป่วยโรคต่าง ๆ
- การวิเคราะห์คุณสมบัติเฉพาะตัวของสารชีวโมเลกุล (Metabolite identification and characterization)

เครื่องแยกสารด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟฟีและวิเคราะห์มวลแบบประสิทธิภาพสูง

Gas Chromatography-Mass Spectrometer: Thermo Scientific รุ่น TRACE 1300- TSQ8000



รูปที่ 1 GC-MSMS-Olfactometer system
(ที่มา: ดัดแปลงจาก www.thermofisher.com; https://www.brechbuehler.ch และ https://webbook.nist.gov)

เครื่องแยกสารด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟฟีและวิเคราะห์มวลแบบประสิทธิภาพสูง เป็นเครื่องมือสำหรับตรวจวิเคราะห์สารผสมที่มีคุณสมบัติในการระเหยได้ โดยสารจะถูกเปลี่ยนเป็นไอที่อุณหภูมิสูงแล้วถูกนำพาเข้าไปในคอลัมน์ด้วยเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) คือ carrier gas ภายในคอลัมน์บรรจุด้วยสารที่ทำหน้าที่แยกองค์ประกอบสารผสมเรียกว่า เฟสคงที่ (stationary phase) โดยสารจะถูกแยกด้วยความแตกต่างของคุณสมบัติทางเคมี โครงสร้าง น้ำหนักโมเลกุล จุดเดือด แล้วถูกตรวจวัดด้วยเครื่อง Mass Spectrometer (MS) เพื่อให้ทราบถึง Identity ของสารนั้น ในขณะเดียวกันนอกจากจะถูกส่งผ่านไปยัง MS แล้ว สารที่แยกได้ยังถูกแบ่งเพื่อส่งผ่านมายังชุดตรวจวัดด้วยการดมกลิ่น (Olfactometer) ความสัมพันธ์ของเวลาที่ได้รับกลิ่นกับเวลาที่สารถูกตรวจวัดด้วย MS ทำให้ทำนายชนิดของสารและลักษณะการให้กลิ่นได้พร้อม ๆ กัน โดยเทคนิคนี้สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ

คุณสมบัติของเครื่อง

- เครื่องวิเคราะห์มวล (Mass Analyzer) ชนิด Triple Quadrupole สามารถวิเคราะห์มวลได้ในช่วง (Mass range) 2 – 1000 u
- มีความสามารถในการแยกประจุ (Resolution) ได้ 1 amu และมีค่า SRM transitions 600 SRM transitions/s
- สามารถวิเคราะห์ในโหมด Full Scan, Selected Ion Monitoring (SIM) , Sequential Full Scan/SIM และ Selected Reaction Monitoring (SRM), Product Ion Scanning, Precursor Ion Scanning และ Neutral Loss Scanning
- มีฐานข้อมูลด้านปิโตรเคมี สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ยา ยาสัตว์ตกค้าง, metabolites, natural products และสามารถสร้างฐานข้อมูลเพิ่มเติมเองได้
- มีชุดทดสอบกลิ่น (Olfactometer) เป็นอุปกรณ์ต่อพ่วงกับเครื่อง GC โดยผู้ใช้สามารถใช้จมูกดมกลิ่นสารที่แยกออกจากคอลัมน์เพื่อเปรียบเทียบผลการพิสูจน์ชนิดของสารด้วย Mass Spectrometer ได้

คอลัมน์ที่รองรับการให้บริการ

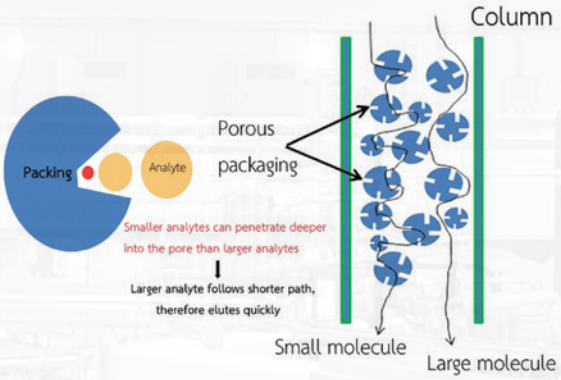
- TR-1MS (30 m x 0.25 mm x 0.25 µm; Thermo Scientific)
- TR-5MS (30 m x 0.25 mm x 0.25 µm; Thermo Scientific)
- TG-5MS (30 m x 0.32 mm x 0.5 µm; Thermo Scientific)
- TR-Wax MS (60 m x 0.25 mm x 0.25 µm; Thermo Scientific)
- TR-225 (30 m x 0.25 mm x 0.25 µm; Thermo Scientific)
- TG-1310 MS (30 m x 0.25 mm x 0.25 µm; Thermo Scientific)
- TG-5Sil (20 m x 0.18 mm x 0.18 µm; Thermo Scientific)
- TR-35MS (30 m x 0.25 mm x 0.25 µm; Thermo Scientific)

การประยุกต์ใช้งาน

- วิเคราะห์สารประกอบต่างๆ ได้แก่ พวกสารประกอบไนโตรเจน สารประกอบของซัลเฟอร์ และสารประกอบไฮโดรคาร์บอน กรดไขมัน เป็นต้น
- วิเคราะห์สิ่งปนเปื้อน มลพิษในสิ่งแวดล้อม เช่น สารประกอบซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สารประกอบอินทรีย์ที่ระเหยได้ง่ายในน้ำ (Volatile organic Compounds, VOCs)
- วิเคราะห์สารประกอบให้กลิ่นที่เป็นดัชนีบ่งบอกความสด ความเก่า ความเสื่อม คุณลักษณะที่พึงประสงค์หรือไม่พึงประสงค์ในอาหารเช่น สารเฮกซาแนลในเนื้อสัตว์ที่บ่งบอกการเหม็นหืน
- วิเคราะห์สารประกอบให้กลิ่นที่สำคัญอันเป็นเอกลักษณ์ของพืชชนิดต่างๆ ทั้งที่เป็นเครื่องเทศน์และสมุนไพร
- พิสูจน์เอกลักษณ์ของพืชที่ให้น้ำมันหอมระเหยหรือมีกลิ่นอันเป็นอัตลักษณ์เฉพาะตัว เช่น การเปรียบเทียบองค์ประกอบสารสำคัญที่ให้กลิ่นและสัดส่วนของสารองค์ประกอบในข้าวหอมมะลิสายพันธุ์ต่างๆ ซึ่งปลูกในภูมิภาคที่ต่างกัน เป็นต้น

เครื่องวิเคราะห์หาน้ำหนักโมเลกุล
Gel Permeation Chromatogrphy (GPC)

เทคนิค GPC เป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับวิเคราะห์หาน้ำหนักโมเลกุลและการกระจายน้ำหนักในโมเลกุลของสาร โดยอาศัยหลักการแยกโมเลกุลตามขนาดที่แตกต่างกัน โดยใช้คอลัมน์ที่บรรจุด้วยเม็ดพอลิเมอร์สังเคราะห์ขนาดเล็กที่มีรูพรุนต่าง ๆ กัน ในการแยกสารประกอบ ซึ่งโมเลกุลที่มีขนาดเล็กจะสามารถแพร่ผ่านเข้าไปในรูพรุนทำให้เกิดการเคลื่อนที่ได้ช้าและออกมาจากคอลัมน์โดยใช้ระยะเวลาที่นานกว่าโมเลกุลขนาดใหญ่ ดังแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงหลักการแยกสารที่มีโมเลกุลแตกต่างกันภายในคอลัมน์

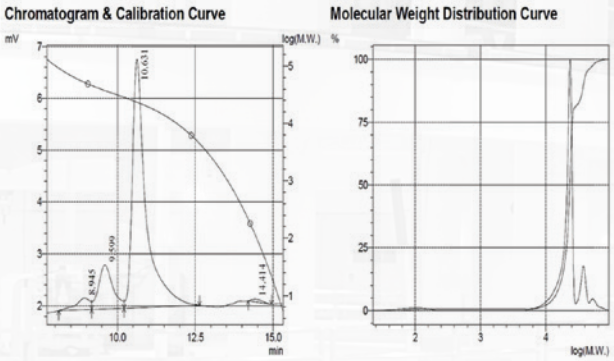
โหมดการตรวจวัด

1. ส่วนตรวจวัดสารชนิดวัดดรรชนีการหักเห (Refractive index detector (RI)) สามารถเลือกการวัดค่าดัชนีหักเหของสารได้ดังนี้ คือ
   - A Mode : สำหรับการวิเคราะห์แบบ High Sensitivity ซึ่งสามารถวัดค่าได้ในช่วง 0.01×10^{-6} ถึง 500×10^{-6} RIU
   - P Mode และ L Mode : สำหรับการวิเคราะห์แบบ Semi-Prep และ Prep โดยสามารถตั้งค่า Flow Rate ได้สูงสุด 20 มิลลิลิตรต่อนาที ซึ่งสามารถวัดค่าได้ในช่วง 1×10^{-6} ถึง $5{,}000 \times 10^{-6}$ RIU

2. ส่วนตรวจวัดการดูดกลืนแสงของสารชนิดโฟโตไดโอดอาเรย์ (Photodiode Array Detector (PDA))
   - สามารถใช้งานได้ในช่วงความยาวคลื่นไม่น้อยกว่า 190-800 นาโนเมตร
   - สามารถเลือกทาการวิเคราะห์ได้ทั้ง Single และ Dual wavelength
   - หลอดกำเนิดแสงเป็นชนิดดิวทีเรียมและทังสเตน
   - สามารถควบคุมอุณหภูมิของ Cell ได้ในช่วง 5 องศาเซลเซียสเหนืออุณหภูมิห้อง ถึง 50 องศาเซลเซียส

ความสามารถในการวิเคราะห์

- มีความสามารถใช้งานได้ทั้งระดับ Analytical และ Semi-Preparative
- มีระบบฉีดสารตัวอย่างอัตโนมัติ (Auto-Sampler) เป็นระบบ Total-Volume Sample Injection และ Variable Sample Injection Volume สามารถทำการฉีดซ้ำได้จำนวน 30 ครั้งต่อตัวอย่าง และสามารถตั้งอุณหภูมิการใช้งานได้ในช่วง 4 - 40 องศาเซลเซียส
- มีตู้อบควบคุมอุณหภูมิคอลัมน์ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ในตั้งแต่ต่ำกว่าอุณหภูมิห้อง 10 องศาเซลเซียสจนถึง 85 องศาเซลเซียส
- มีโปรแกรม Lab Solutions GPC Software สามารถรองรับการวิเคราะห์ HPLC การคำนวณการวิเคราะห์ GPC และ 2D หรือ 3D analysis ได้



รูปที่ 2 แสดงกราฟสารมาตรฐาน (Calibration Curve) และการวิเคราะห์หามวลโมเลกุล และการกระจายตัวของน้ำหนักในโมเลกุลของสารจากกราฟมาตรฐาน

การประยุกต์ใช้งาน

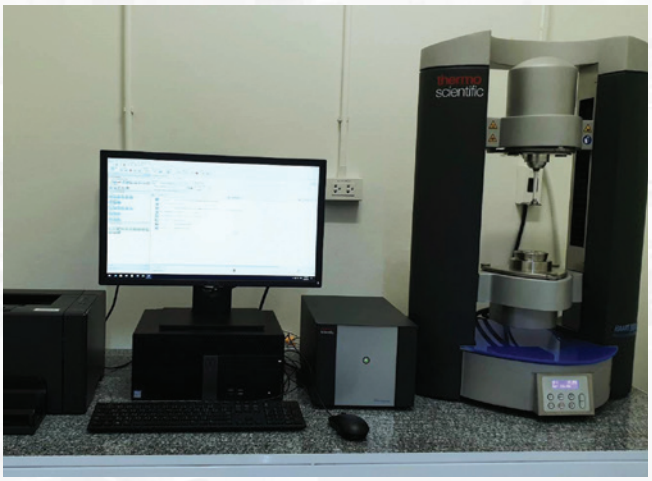
- การแยกบริสุทธิ์โมเลกุลของสารแต่ละชนิดได้ เช่น โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต โดยอาศัยหลักการแยกโดยใช้ขนาดโมเลกุล
- วิเคราะห์มวลโมเลกุลตัวอย่างแบบที่อ้างอิงกับสารมาตรฐาน โดยทำกราฟเทียบมาตรฐาน (ดังแสดงในรูปที่ 2)
- วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยน้ำหนักโมเลกุลโดยจำนวน (Mn), ค่าเฉลี่ยน้ำหนักโมเลกุลโดยน้ำหนัก (Mw) และ Mw/Mn (poly-dispersity) เพื่อหาการกระจายน้ำหนักในโมเลกุลของสาร

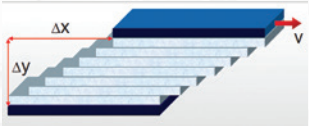
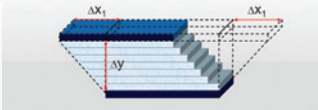
คอลัมน์ที่รองรับการให้บริการ (เหมาะสำหรับงานที่มีตัวทำละลายเป็นน้ำเท่านั้น)

- SB-802.5HQ : สามารถตรวจวัดขนาดมวลโมเลกุลได้ในช่วง 500-10,000 Da เทียบกับสารมาตรฐาน pullulan และสามารถตรวจวัดขนาดมวลโมเลกุลได้ในช่วง 100-2,000 Da เมื่อเทียบกับสารมาตรฐาน PEG/PEO
- SB-806M HQ: สามารถตรวจวัดขนาดมวลโมเลกุลได้ในช่วง 500-20,000,000 Da เทียบกับสารมาตรฐาน pullulan และสามารถตรวจวัดขนาดมวลโมเลกุลได้ในช่วง 200-20,000,000 Da เมื่อเทียบกับสารมาตรฐาน PEG/PEO
- Shodex column Protein LW-803 สามารถตรวจวัดขนาดมวลโมเลกุลได้ในช่วง 10,000-700,000 Da

เครื่องวิเคราะห์คุณสมบัติการไหล (Rheometer) รุ่น HAAKE MARS 40

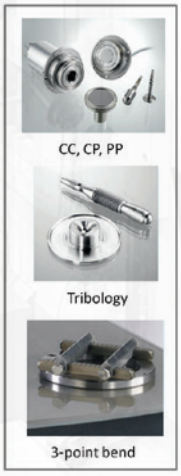
เครื่องวิเคราะห์คุณสมบัติการไหล (Rheometer) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาถึงสมบัติการไหลและพฤติกรรมของไหลที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเมื่อมีแรงมากระทำ HAAKE MARS 40 Rheometer จะสามารถวิเคราะห์พฤติกรรมการไหลของของไหลที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราเฉือน (shear rate) ความเค้นเฉือน (shear stress) และอุณหภูมิ โดยสามารถวัดได้ทั้งแบบหมุนเหวี่ยง (rotation mode) และหมุนเหวี่ยงสั่น (oscillation mode) ใช้ในการวัดกระแสความหนืด (viscosity profile) จุดเคลื่อนตัว (yield point) ความเป็นทริโสโทรปิค (thixotropic) คุณสมบัติความเป็นวีสโคอีลาสติก (visco-elasticity) ต่างๆ นอกจากนี้ยังสามารถวิเคราะห์สมบัติทางด้านไทรโบโลยี (Tribology) ซึ่งเกี่ยวกับการเสียดทาน การสึกหรอและการหล่อลื่น และวิเคราะห์สมบัติทางเนื้อสัมผัส (Texture profile) ในแง่การแตกหักของชิ้นงาน สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างได้อย่างหลากหลายรูปแบบ เช่น สารแขวนลอยครีม เจล น้ำมัน ฯลฯ จึงเหมาะกับการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทั้ง อาหาร เครื่องสำอาง ยา และพอลิเมอร์



ลักษณะการหมุน	ฟังก์ชั่นการทดสอบ
	• Flow Behavior • Viscosity Curve • Thixotropic • Yield stress • Creep and recovery
	• Amplitude Sweep • Frequency Sweep • Temperature Sweep • Time Sweep

รูปที่ 1 เครื่อง HAAKE MARS 40 Rheometer

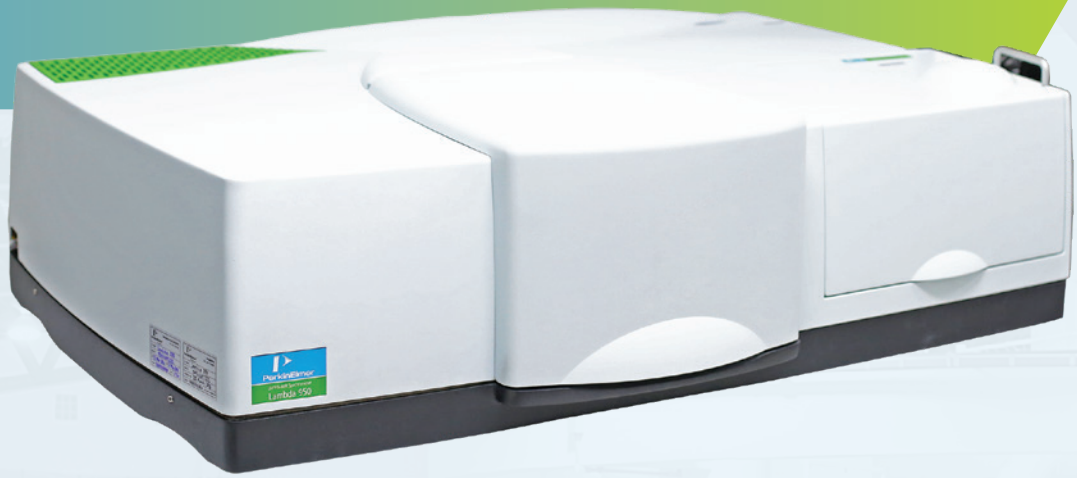
ระบบตรวจวัด (measuring system)	ลักษณะตัวอย่าง
Concentric cylinders, CC	Low-viscosity liquids, Solvent-borne coating
Cone and plate 2∞, CP	Dispersion containing limited particle size (<10 μm)
Parallel-Plates, PP	Dispersions containing coarse particles, paste, cream, gel-like material, polymer melts
Vane Rotor	Gel-like material
Tribology	Low-viscosity liquid, oil, grease
Three point bend	Solid material



การประยุกต์ใช้งาน

- ศึกษาคุณสมบัติลักษณะการไหลและการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างที่เกิดจากการปรับเปลี่ยนด้วยวิธีทางกลต่างๆ เช่น การบด การปั่น การทำให้เกิดโฟม เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตและคุณภาพของผลิตภัณฑ์
- ศึกษาคุณสมบัติความเป็นวีสโคอีลาสติกของผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมสารเติมเสริมหน้าที่ (ingredient) เพื่อพัฒนาสูตรอาหารพร้อมทานและอาหารเพื่อสุขภาพ ให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสและลักษณะปรากฏที่คล้ายคลึงกับสูตรเดิม
- พัฒนาสูตรเครื่องสำอางให้มีความสามารถในการปาดทา ลักษณะปรากฏ รวมถึงความสามารถในการไหลออกจากบรรจุภัณฑ์ให้ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค
- ตรวจสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์ที่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิต่างๆ เพื่อประเมินอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์
- การทดสอบความต้านทานการสึกหรอ เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมันหล่อลื่นที่ช่วยลดแรงเสียดทาน และการสึกหรอระหว่างส่วนต่อกันของชิ้นส่วนที่มีการเคลื่อนไหว
- การทดสอบความสามารถในการบดเคี้ยวและกลืน เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสำหรับผู้สูงอายุ

เครื่องตรวจวัดการดูดกลืนแสง, ส่องผ่านแสง และการสะท้อนแสง UV-Vis-NIR



เครื่อง UV-Vis-NIR ยี่ห้อ PerkinElmer เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดการดูดกลืนแสง (Absorbance) การส่องผ่านแสง (Transmittance) และการสะท้อนแสง (Reflectance) ซึ่งปริมาณการดูดกลืนจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความเข้มข้นของสารตัวอย่าง ทำให้เทคนิค UV-Vis-NIR สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ และยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ทดสอบสารได้อย่างหลากหลายทั้งในกลุ่มสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ และสารประกอบเชิงซ้อนที่ดูดกลืนรังสีในช่วงดังกล่าวได้

คุณลักษณะเฉพาะ

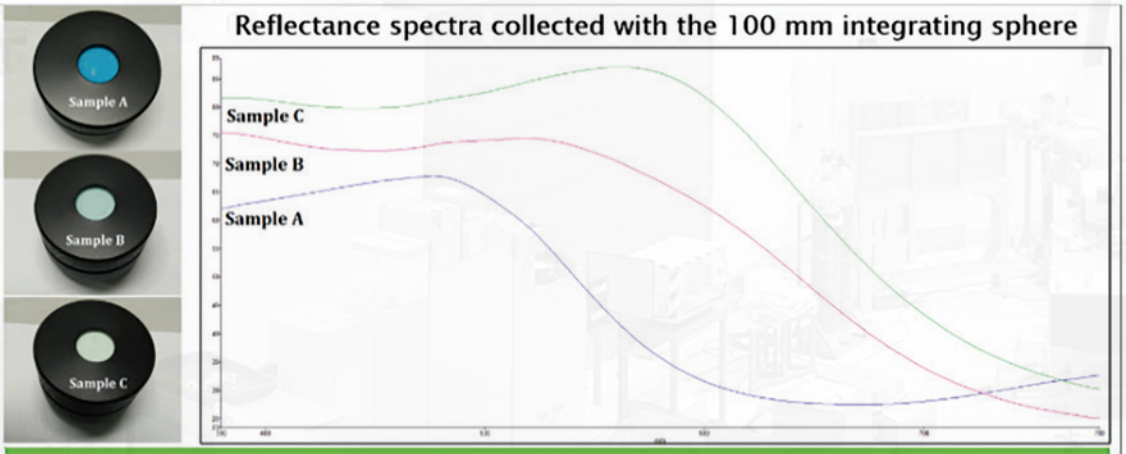
- มีระบบการวัดการดูดกลืนแสงเป็นแบบลำแสงคู่ (Double beam Spectrophotometer) สามารถทดสอบค่าการส่องผ่าน (Transmittance) และการดูดกลืน (Absorbance) ของแสงในช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 175 ถึง 3300 นาโนเมตร
- มีชุด Integrating Sphere ขนาด 100 มิลลิเมตร สำหรับทดสอบค่า Transmittance และ Reflectance ของพื้นผิวตัวอย่าง สามารถทดสอบได้ในช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 200 ถึง 2500 นาโนเมตร

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้เทคนิค UV-Vis-NIR

- ศึกษาการดูดกลืนและการส่องผ่านของแสงของตัวอย่าง เช่น กระจกอาคาร แว่นตากันแดด คอนเทคเลนส์ กระจกเคลือบด้วยฟิล์มบาง หมึกพิมพ์ เครื่องสำอาง โปรตีน เดเอ็นเอ เป็นต้น
- ศึกษาการสะท้อนของแสงในตัวอย่างฟิล์ม ฟิล์มบางที่เคลือบบนพื้นผิววัสดุต่างๆ ผงโลหะ ผงออกไซด์ของโลหะ ผงสี พลาสติก และเซรามิก เป็นต้น

โปรแกรมการจัดการข้อมูล (Data processor)

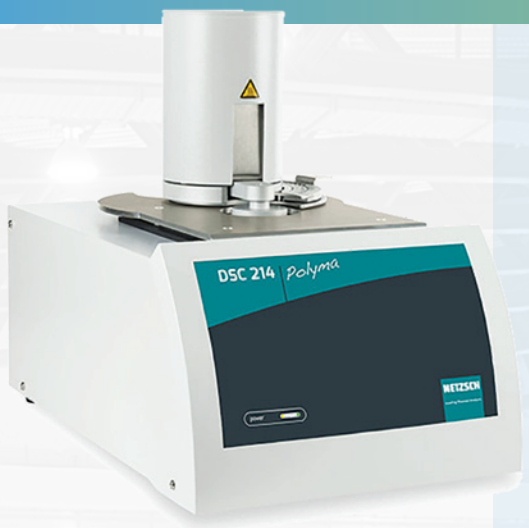
- โปรแกรมคำนวณค่าสี (Color software) จากสเปกตรัมของสารตัวอย่างโดยแสดงค่าตามมาตรฐานแบบ Tristimulus values (XYZ), CIE L*a*b* ได้
- โปรแกรมการวิเคราะห์ค่า light transmittance, solar direct transmittance, ultraviolet transmittance สำหรับกระจกอาคารตามมาตรฐาน ISO 9050
- โปรแกรมทดสอบสมบัติด้านความใสและความขุ่นของพลาสติก (Haze) ตามมาตรฐาน ASTM D-1003



Color Analysis

Sample ID	Tristim X	Tristim Y	Tristim Z	X value	Y value	L*	a*	b*	Cab*	Hab*
Sample A	38.93	45.33	72.25	0.2487	0.2896	73.11	-12.77	-20.81	24.41	238.47
Sample B	61.41	68.83	79.29	0.2931	0.3285	86.42	-9.21	-3.35	9.8	200
Sample C	76.11	83.52	87.6	0.3079	0.3378	93.24	-6.57	2.34	6.97	160.41

เครื่องวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางความร้อน
Differential Scanning Calorimeter (DSC)



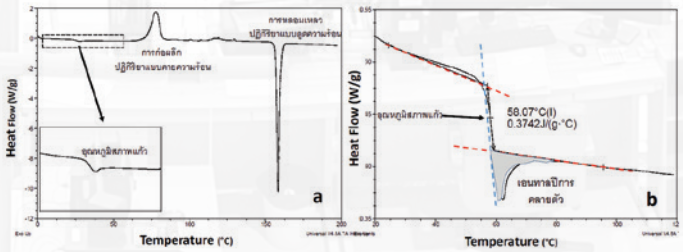
เครื่องวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางความร้อน (Differential Scanning Calorimeter; DSC) รุ่น DSC 214 Polyma, NETZSCH เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางความร้อนเชิงปริมาณและพลังงานของวัสดุโดยเทียบกับสารอ้างอิง ภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและบรรยากาศในการเกิดปฏิกิริยาตามโปรแกรม ภาชนะสำหรับบรรจุตัวอย่างและสารอ้างอิงจะถูกวางในเตาเผาเดียวกัน และ เชื่อมต่อกับตัวตรวจจับสัญญาณการเปลี่ยนแปลงปริมาณความร้อน โดยวัดการเปลี่ยนแปลงการไหลของความร้อน (Heat flow) ของสารตัวอย่างเทียบกับสารอ้างอิง ผลการวิเคราะห์ที่ได้แสดงเป็นกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (แกน X) เทียบกับค่าการไหลของความร้อนของวัสดุที่เปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับสารอ้างอิง (แกน Y) แต่เนื่องจากค่าการไหลของความร้อนไม่สามารถวัดได้โดยตรงเหมือนกับการวัดค่าอุณหภูมิ จึงทำการวัดอุณหภูมิของสารตัวอย่างเทียบกับสารอ้างอิงเป็นอัตราส่วนค่าต้านทางความร้อน (Thermal Resistant) ทำให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณพลังงานความร้อน (Enthalpy) อุณหภูมิการหลอมเหลว (Melting Transition) การตกผลึก (Crystallization) อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนเฟส อุณหภูมิสภาวะคล้ายแก้ว (Glass Temperature: Tg) เป็นต้น สามารถประยุกต์ใช้ได้กับงานวิจัย หรืองานควบคุมคุณภาพของอุตสาหกรรมได้หลากหลาย เช่น พอลิเมอร์ สิ่งทอ อาหาร เครื่องสำอาง และยา เป็นต้น

คุณลักษณะเฉพาะ

- ช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ (Temperature Range): -170°C ถึง 500°C
- อัตราการให้ความร้อนหรือทำความเย็น (Heating / Cooling Rate): 0.01 ถึง 500°C/min
- ปริมาณตัวอย่างที่ใช้ (Sample Weight): ประมาณ 5-10 mg
- สภาวะบรรยากาศที่ใช้ในการทดสอบ: N_2, O_2 และ Synthetic Air
- อัตราการไหลของแก๊สที่ใช้: 4-200 ml/min

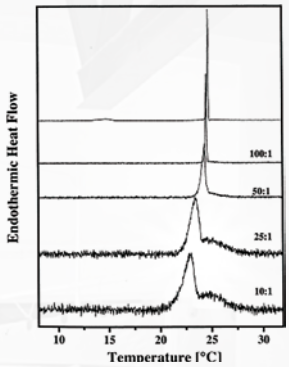
การประยุกต์ใช้งาน

- ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของผลึกยา เช่น การหลอมเหลว การตกผลึก การเปลี่ยนรูปของพหุสัณฐาน (polymorph) และอุณหภูมิสภาพคล้ายแก้ว (Tg) เป็นต้น[1]



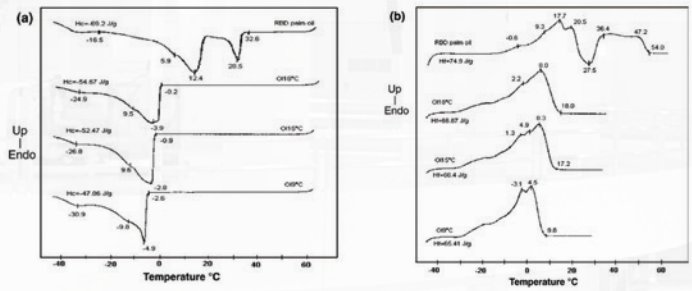
รูปที่ 1 (a) DSC Thermogram แสดงอุณหภูมิสภาพคล้ายแก้ว (Tg) การตกผลึก และการหลอมเหลวของยาพาราเซตามอล (b) ภาพขยายอุณหภูมิสภาพคล้ายแก้วที่วัดจากจุดกึ่งกลางของเส้นพื้น (Baseline) ที่เปลี่ยนแปลงไป

• ศึกษาอิทธิพลของการเติมตัวต้านเชื้อแบคทีเรีย (antimicrobial peptide Gramidicin S: GS) ต่อพฤติกรรมทางความร้อนของ Multilamellar Vesicles ของ Dimyristoyl Phosphatidylcholine (DMPC MLVs) ที่มีอัตราส่วนระหว่างไขมันต่อเปปไทด์ต่างกัน[2]



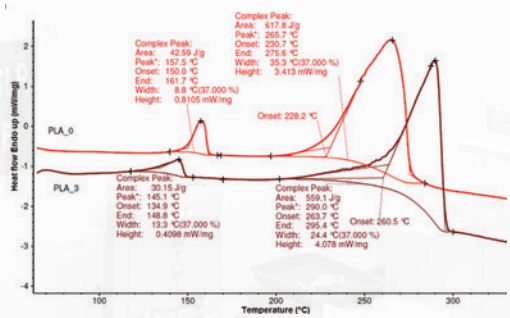
รูปที่ 2 DSC Diagram แสดงลักษณะพฤติกรรมทางความร้อนของ Gramidicin S และ DMPC MLVs ที่มีอัตราส่วนของไขมันและเปปไทด์ต่างกัน

• ตรวจหาอุณหภูมิหลอมเหลว และอุณหภูมิเกิดผลึกของน้ำมันปาล์มที่ขัดสี และปรับกลิ่น (RBD Palm oil) และน้ำมันปาล์มโอเลอิน[3]



รูปที่ 3 DSC (a) Cooling และ (b) Melting Thermo grams ของน้ำมันปาล์มขัดสีและปรับกลิ่น (RBD Palm oil) และน้ำมันปาล์มโอเลอิน

•. ศึกษาสมบัติเสถียรภาพทางคงามร้อนของพอลิแลคติคแอซิด (Polylactic acid: PLA) หลังจากผ่านการปรับปรุงโดยการเติม Succinic Anhydride เพื่อช่วยลดจุดหลอมเหลวและความเป็นผลึก[4]



รูปที่ 4 DSC Curves ของ พอลิแลคติคแอซิด (Polylactic acid: PLA) มวลโมเลกุลต่ำที่สังเคราะห์ด้วยวิธี Azeotropic Dehydration Condensation (PLA0) และ PLA ที่ปรับปรุงด้วย Succinic Anhydride (PLA3)

เอกสารอ้างอิง

1. Tipduangta, P. and Sirithunyalug, J., Fundamental Principle and Applications of Thermal Analysis by Differential Scanning Calorimetry in Pharmaceutical Solid-State Formulations, Thai Bull Pharm Sci, 2018, 13(2), 129-143.

2. Prenner, E.J., Lewis, R.N.A.H., Kondejewski, L.H., Hodges, R.S. and McElhaney R.N., Differential scanning calorimetric study of the effect of the antimicrobial peptide gramidicin S on the thermotropic phase behavior of phosphatidylcholine, phosphatidy lethanolamine and phosphatidylglycerol lipid bilayer membranes, Biochim Biophys Acta Biomembr, 1999, 1417(2), 211-223.

3. Zaliha O., Chong C.L., Cheow. C.S., Norizzah, A.R. and Kellens, M.J., Crystallization properties of palm oil by dry fractionation, Food Chemis, 2004, 86, 245-250.

4. Gregorova, A., Application of differential scanning calorimetry to the characterization of biopolymers, Applications of Calo rimetry in a Wide Context-Differential Scanning Calorimetry, Isothermal Titration Calorimetry and Microcalorimetry, Amal Ali Elkordy, IntechOpen, 2013, 1-20.

เครื่องจำลองระบบย่อยอาหารของมนุษย์
Artificial digestive system: Tiny TIM

ภาพที่ 1 ภาพองค์ประกอบเครื่อง Tiny-TIM

เครื่องจำลองระบบย่อยอาหารของมนุษย์ (Artificial digestive system) รุ่น Tiny TIM เป็นเครื่องมือสำหรับการศึกษาคุณสมบัติของอาหารที่ภายใต้ระบบย่อยการอาหารของร่างกายสามารถตั้งค่าการทำงานของระบบย่อยอาหารได้หลายรูปแบบ เช่น คนที่มีร่างกายปกติสมบูรณ์ ผู้ป่วยพักฟื้น ผู้สูงอายุ หรือเด็กแรกเกิด เพื่อให้สามารถติดตามสารต่างๆ ที่สนใจได้ในทุกจุดของระบบย่อยอาหาร เพื่อให้ทราบถึงความสามารถในการคงตัวหรือสลายตัว การดูดซึม การเปลี่ยนแปลง การทำปฏิกิริยากับสารชนิดอื่น และผลกระทบต่อลำไส้หรือประชากรจุลินทรีย์ในลำไส้ เป็นต้น

ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนั้นสามารถนำมาใช้ในการศึกษาออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ อาหาร ให้มีทั้งสมบัติเชิงหน้าที่และคุณภาพตรงตามความต้องการของผู้ขอรับบริการ

คุณลักษณะเฉพาะ

- โมดูลระบบกระเพาะอาหาร (Gastriccompartments)
- โมดูลระบบลำไส้เล็ก (Small intestinal compartment)
- ระบบ Automatic sampling ของระบบกระเพาะอาหารและระบบลำไส้เล็กที่ผ่านชั้นกรองแยกอาหาร

ภาพที่ 2 ภาพ Auto Sampling ของเครื่อง Tiny-TIM

ภาพที่ 3 ภาพ Auto Sampling ของเครื่อง Tiny-TIM (ต่อ)

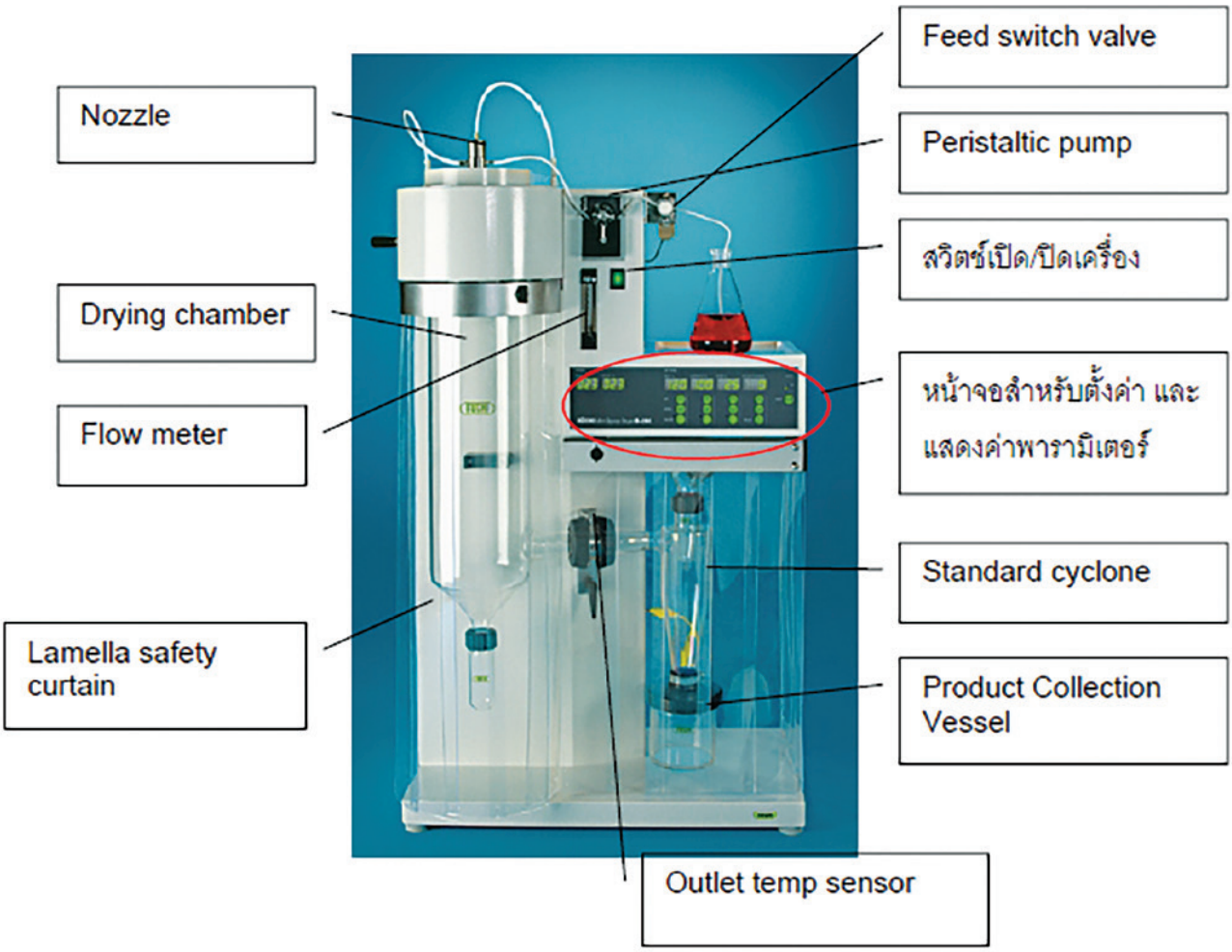
เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยระดับห้องปฏิบัติการ
Mini Spray Dryer : Buchi Mini Spray Dryer B-290

การทำแห้งแบบพ่นฝอยเป็นเทคนิคที่ใช้เพื่อระเหยน้ำออกจากของเหลวอย่างรวดเร็วโดยอากาศร้อน กระบวนการนี้ประกอบไปด้วยการพ่นของเหลวออกมาจนเป็นละอองขนาดเล็ก เข้าผสมกับอากาศร้อนที่ไหลผ่านอย่างรวดเร็ว ทำให้น้ำที่อยู่ในละอองของเหลวระเหยไปทั้งหมด และได้ผลิตภัณฑ์ในรูปของผงแห้ง เช่น นมผง ไข่ผงและน้ำผลไม้ ซึ่งเป็นกระบวนการแปรรูปเพื่อเพิ่มระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ รวมถึงใช้เทคนิคในการตรึงสารสำคัญให้อยู่ในรูปของแคปซูลที่ถูกหุ้ม (Encapsulate) ครอบคลุมการใช้งานในหลายกลุ่มงานวิจัย เช่น งานด้านวิทยาศาสตร์การแพทย์ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ด้านอาหารและอาหารเสริม เป็นต้น

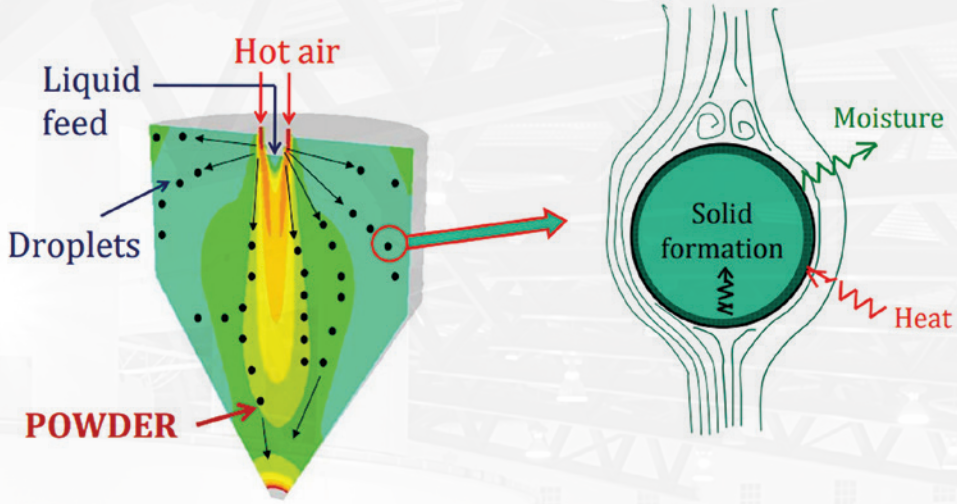
สารตัวอย่าง	ระบบที่ใช้	ชุดเครื่องมือ
สารตัวอย่างมีน้ำเป็นตัวทำละลาย **100%**	ระบบเปิด - อากาศ	ชุด B-290 standard
สารตัวอย่างมีตัวละลายอินทรีย์เป็นองค์ประกอบไม่เกิน **20%** หรือไม่เกิน **50%** สำหรับกรณีเป็นตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีจุดเดือดสูง **(>70 °C)**	ระบบปิด - แก๊สไนโตรเจน	ชุด B-290 Advanced
สารตัวอย่างมีตัวทำละลายอินทรีย์เป็นตัวทำละลายในช่วง **50-90%** หรือเป็นตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีจุดเดือดต่ำ **(<70 °C)** ที่มีอัตราส่วนในช่วง **20-50%**	ระบบปิด - แก๊สไนโตรเจน	ชุด B-290 Advanced
สารตัวอย่างมีน้ำเป็นตัวทำละลายไม่เกิน **10%**	ระบบปิด - แก๊สไนโตรเจน	ชุด B-290 Advanced
สารตัวอย่างที่เป็นของแข็งที่มีจุดหลอมเหลวไม่เกิน **70 °C**	อากาศเย็น	ชุด B-290

คุณลักษณะเฉพาะ

- เส้นผ่านศูนย์กลางของผลิตภัณฑ์ที่ได้ อยู่ในช่วง 1-25 μm
- ปริมาตรสารตัวอย่างต่ำสุดที่สามารถทำได้ 10 มิลลิลิตร
- สามารถระเหยน้ำได้สูงสุดประมาณ 1 ลิตร ต่อชั่วโมง
- อุณหภูมิ input ตั้งแต่ 40-220 °C
- Cyclone เคลือบด้วยสารนำไฟฟ้า (Electrically conductive coating) เพื่อลดการสูญเสียสารตัวอย่างเนื่องจากการเกิดไฟฟ้าสถิต
- หัวฉีด (Nozzle) เป็นแบบ Two-fluid nozzle และแบบ Three-fluid nozzle สามารถจ่ายสารตัวอย่างพร้อมกัน 2 ชนิด เพื่อการเคลือบสารผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิค Encapsulation



ภาพที่ 1 ส่วนประกอบของเครื่อง Mini-spray dryer B-290



ภาพที่ 2 กระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยภายใน **Drying chamber (Mujumdar, 2011)**

การประยุกต์ใช้งาน

เครื่องดื่ม	Flavours & Colourings
ผลิตภัณฑ์อาหาร	Milk & Egg Products Plant & Vegetable Extracts
ยา	Heat Sensitive Materials
สารให้กลิ่น	Perfumes
ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด	Soaps & Detergents

เอกสารอ้างอิง

Arun S. Mujumdar. (2011). Spray Drying of Foods. International Workshop on Drying of Food and Biomaterials. Available at: http://www.kmutt.ac.th/dtrl/pdf/Spray%20Drying%20of%20Foods.pdf.

เครื่องทำปฏิกิริยาในห้องปฏิบัติการ
Laboratory Reactor: IKA® LR 1000 basic

เครื่องทำปฏิกิริยาในห้องปฏิบัติการ หรือเครื่องปฏิกรณ์ในห้องปฏิบัติการ (รุ่น IKA® LR 1000 basic) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีของสาร ที่ต้องควบคุมพารามิเตอร์ปฏิกิริยา เช่น อุณหภูมิ ความเร็วรอบ การบดผสม อัตราการเติมสารเติมแต่งหรือค่าความเป็นกรด-ด่าง เป็นต้น ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของสภาวะกระบวนการทดลองในระดับลิตร ควบคุมอัตราการให้ความร้อน-ความเย็นได้ และรักษาระดับอุณหภูมิได้อย่างแม่นยำ สามารถจำลองและเพิ่มประสิทธิภาพของปฏิกิริยาเคมี กระบวนการเกิดปฏิกิริยาสารเคมีและยังสามารถใช้สำหรับการกวนผสม การผกผันและการทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน การทำให้เกิดการแตกตัว (Dispersion) และทำให้สารเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogenization) ได้ ทั้งรูปแบบที่เป็น Suspension และ Emulsification ช่วยให้สารตัวอย่างเกิดปฏิกิริยาในสภาวะที่เหมาะสม สามารถระบุสภาวะที่ดีที่สุดของปฏิกิริยาได้อย่างถูกต้อง ให้เกิดการสังเคราะห์สารในรูปใหม่ จึงเป็นเครื่องที่สำคัญยิ่งสำหรับงานวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ ผลิตภัณฑ์อาหาร เครื่องสำอาง และยา

คุณลักษณะเฉพาะ

อุปกรณ์ประกอบ	ข้อมูลทางเทคนิค
ชุดกวนสาร (Laboratory reactor)	กวนสารละลายปริมาตร 300-1000 มิลลิลิตร ความหนืดสูงสุด 100,000 มิลลิปาสคาล ความเร็วต่อเนื่อง 10-150 รอบต่อนาที อุณหภูมิ -20 °C ถึง 120 °C ความดันสูงสุด 25 มิลลิบาร์
เครื่องลดขนาดอนุภาคพร้อมปั่นผสม (Homogenizer) ปั่นตัวอย่างละเอียด Suspension 5-25 ไมโครเมตร Emulsion 1-5 ไมโครเมตร	ปั่นผสมของเหลวปริมาตร 1-2,000 มิลลิลิตร ความหนืดสูงสุด 5,000 มิลลิปาสคาล ความเร็วต่อเนื่อง 600-25,000 รอบต่อนาที ทนความเป็นกรด-ด่าง 2-13 อุณหภูมิสูงสุด 220 °C ความดันสูงสุด 6 มิลลิบาร์
ชุดทำสุญญากาศ (Vacuum pump, Vacuum controller)	อัตราการดูดอากาศต่ำสุด 1.7 ลบม/ชม ระบบสุญญากาศต่ำสุด 7 มิลลิบาร์ หรือ 15 มิลลิบาร์ (เมื่อเปิดgas ballast)
เครื่องควบคุมอุณหภูมิเย็นแบบหมุนวน (Recirculating chiller)	ควบคุมอุณหภูมิ -20 °C ถึง อุณหภูมิห้อง ความชื้นสูงสุด 80%

เครื่องตัดตัวอย่างแบบบาง
Rotary Microtome Leica: RM2245

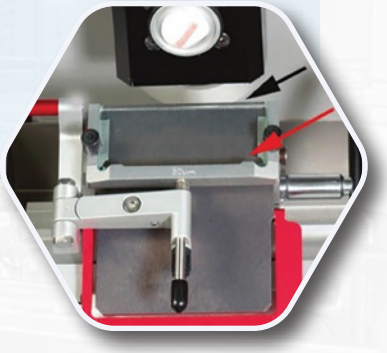
Rotary Microtome เป็นเครื่องเตรียมตัวอย่างให้มีความบางตามที่ต้องการ โดยการตัดชิ้นตัวอย่างที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างตามความเหมาะสม ตัวอย่างที่สามารถตัดได้ เช่น ชิ้นเนื้อชนิดต่างๆ ส่วนต่างๆ ของพืช พอลิเมอร์หรือวัสดุอื่น ๆ ที่มีความแข็งน้อยกว่าใบมีด โดยสามารถเตรียมตัวอย่างที่มีความหนาได้ในช่วง 0.5-100 ไมครอน สามารถตัดแต่งหน้าบล็อกตัวอย่างได้ในช่วง 1-600 ไมครอน ที่ยึดจับบล็อกตัวอย่างสามารถปรับมุมองศาหน้าระดับได้ ทั้งแนวนอนและแนวตั้ง ได้ 8 องศา สามารถตัดตัวอย่างที่มีขนาดยาว 50 มิลลิเมตร สูง 60 มิลลิเมตร กว้าง 40 มิลลิเมตรระยะเคลื่อนตัวของบล็อกตัวอย่างในแนวดิ่งได้ 70 มิลลิเมตร

สามารถตั้งความหนาของการตัดตัวอย่างในช่วง 0.5-10 ไมครอน และสามารถตั้งความละเอียดของการตัดในแต่ละช่วงได้ละเอียด ดังต่อไปนี้

- การปรับในช่วง 0.5-5 ไมครอน สามารถปรับค่าความละเอียดได้ 0.5 ไมครอน
- การปรับในช่วง 5-20 ไมครอน สามารถปรับค่าความละเอียดได้ 1 ไมครอน
- การปรับในช่วง 20-60 ไมครอน สามารถปรับค่าความละเอียดได้ 5 ไมครอน
- การปรับในช่วง 60-100 ไมครอน สามารถปรับค่าความละเอียดได้ 10 ไมครอน

เครื่องตัดตัวอย่างแบบบางที่อุณหภูมิต่ำ
Cryotome Leica: Cryostat CM1950

Cryotome เป็นเครื่องตัดตัวอย่างที่อุณหภูมิต่ำให้มีความบางตามที่ต้องการ โดยการตัดชิ้นตัวอย่างที่ผ่านการแช่แข็งด้วยสารป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็ง (Cryo-protectant) ที่อุณหภูมิติดลบให้มีความหนาได้ในช่วง 1-100 ไมครอนสามารถตัดแต่งหน้าบล็อกตัวอย่าง ได้ในช่วง 1-600 ไมครอน สามารถทำอุณหภูมิตัวอย่างได้ถึง -40 ˚C สามารถเอียงตัวอย่าง แนวแกน X และ Y ได้ 8 องศา แท่นรองตัวอย่างหมุนได้ 360 องศา ตัวอย่างที่ สามารถเตรียมได้ เช่น ชิ้นเนื้อสัตว์ชนิดต่างๆ ส่วนต่างๆ ของพืช



สามารถตั้งความหนาของการตัดตัวอย่างได้ในช่วงต่างๆ ได้ดังนี้

- ช่วง 1.0-5.0 ไมครอน สามารถปรับค่าความละเอียดได้ 0.5 ไมครอน
- ช่วง 5.0-20 ไมครอน สามารถปรับค่าความละเอียดได้ 1.0 ไมครอน
- ช่วง 20.0-60.0 ไมครอน สามารถปรับค่าความละเอียดได้ 5.0 ไมครอน
- ช่วง 60.0-100.0 ไมครอน สามารถปรับค่าความละเอียดได้ 10.0 ไมครอน

เครื่องปั่นเหวี่ยงความเร็วสูง
High Speed Centrifuge (Sorvall LYNX 4000 super speed centrifuge)

เครื่องปั่นเหวี่ยงความเร็วสูง (High speed centrifuge) เป็นเครื่องมือในกระบวนการเตรียมตัวอย่างให้เหมาะสมสำหรับการวิจัยและให้บริการวิเคราะห์ทดสอบ รองรับงานด้านอาหาร เกษตร ชีวภาพ และอุตสาหกรรมอื่น ๆ

คุณลักษณะเฉพาะของเครื่อง

ชนิดหัวปั่น (Rotor)		ความเร็วรอบสูงสุดที่รองรับ	ความจุสูงสุดที่รองรับ
หัวปั่นแนวราบชนิดมุมแกว่ง (BIOFlex HC Swing-bucket rotor)		5,500 rpm/7,068 ×g	4,000 mL
หัวปั่นชนิดแนวรอบมุมเอียงคงที่ (F12-6×500 LEX Rotor)		12,000 rpm/24,471 ×g	3,000 mL
หัวปั่นชนิดแนวรอบมุมเอียงคงที่ (A23-6×100 Rotor)		21,000 rpm/50,290 ×g	600 mL

- ตั้งเวลาในการปั่นได้สูงสุด 90 ชั่วโมง และเลือกปั่นแบบต่อเนื่องได้ (Hold)
- ตั้งอุณหภูมิในการปั่นในช่วง -5 ถึง +40 °C
- ตั้งอัตราการเพิ่มความเร็ว (Acceleration) ได้ 9 ระดับ และอัตราการลดความเร็ว (Deceleration) ได้ 10 ระดับ
- จัดเก็บโปรแกรมการปั่นในหน่วยความจำได้สูงสุด 90 โปรแกรม

เครื่องวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและสมบัติทางความร้อน
Simultaneous Thermal Analyzer: STA

เครื่องวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและสมบัติทางความร้อน (Simultaneous Thermal Analyzer; STA) รุ่น STA 449 F5 Jupiter®, NETZSCH เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและสมบัติทางความร้อนเชิงปริมาณและพลังงานของวัสดุโดยเทียบกับสารอ้างอิง ภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและบรรยากาศในการเกิดปฏิกิริยาตามโปรแกรมเดียวกัน (TG/DSC) ตัวอย่างจะถูกวางในภาชนะขนาดเล็กที่เชื่อมต่อกับเครื่องชั่งที่มีความละเอียดสูง และมีตัวตรวจจับสัญญาณการเปลี่ยนแปลงปริมาณความร้อนที่เปลี่ยนแปลงได้ โดยวัดการเปลี่ยนแปลงการไหลของความร้อน (Heat flow) ของสารตัวอย่างเทียบกับสารอ้างอิง ผลการวิเคราะห์ที่ได้แสดงเป็นกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (แกน X) เทียบกับร้อยละของน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลง (แกน Y1) และพลังงานเชิงความร้อนของวัสดุที่เปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับสารอ้างอิง (แกน Y2) ทำให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับสมบัติทางความร้อน (Thermal properties) เสถียรภาพต่อความร้อน (Thermal Stability) เสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidative Stability) และปริมาณสารระเหยในตัวอย่าง (Volatile Matter Analysis) การวิเคราะห์องค์ประกอบของวัสดุ (Composition Analysis) ปริมาณพลังงานความร้อน (Enthalpy) อุณหภูมิการหลอมเหลว (Melting Transition) การตกผลึก (Crystallization) อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนเฟส เป็นต้น สามารถประยุกต์ใช้ได้กับวัสดุหลากหลายรูปแบบ เช่น เซรามิกส์ พอลิเมอร์ โลหะ สิ่งทอ อาหาร เครื่องสำอาง และยา เป็นต้น

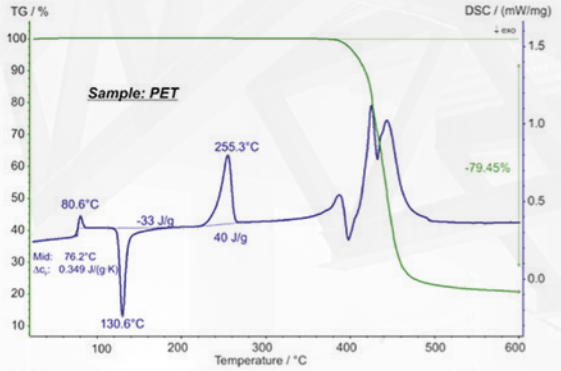
คุณลักษณะเฉพาะของเครื่อง

ช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ	อุณหภูมิห้อง (28 °C) ถึง 1,400 °C
อัตราการให้ความร้อน	0.01 ถึง 50 °C/min
ปริมาณตัวอย่างที่ใช้	ประมาณ 10 - 20 mg และรองรับน้ำหนักตัวอย่างสูงสุดได้ 35,000 mg (กรณีใช้ภาชนะบรรจุตัวอย่างแบบ TGA)
สภาวะบรรยากาศที่ใช้ในการทดสอบ	N_2, O_2 และ Synthetic Air
อัตราการไหลของแก๊สที่ใช้	4 - 200 ml/min

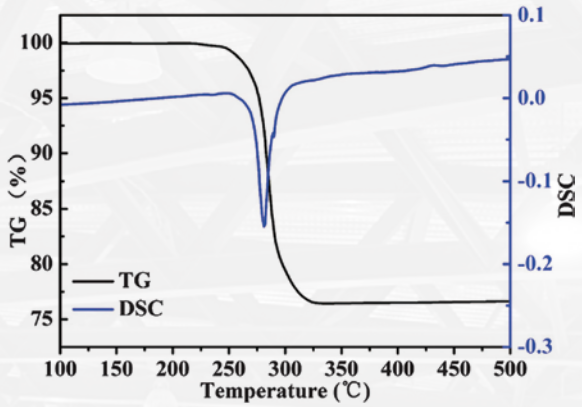
การประยุกต์ใช้งาน

- ศึกษาอุณหภูมิและพลังงานการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (Glass Transition: T_g) การหลอมเหลว (Melting) และการเกิดผลึก (Crystallization) รวมถึงอุณหภูมิและปริมาณการสลายตัวของพอลเอทิลีนเทเรฟทาเลต (Polyethylene Terephthalate: PET) ดังรูปที่ 1

- ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเปลี่ยนเฟสสารตั้งต้น $Bi(NO_3)_3 \cdot 5H_2O$ สำหรับใช้ในการสังเคราะห์ Bi_2O_3 ที่มีลักษณะเป็นชั้นๆ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในงาน Biosensin[9] ดังรูปที่ 2



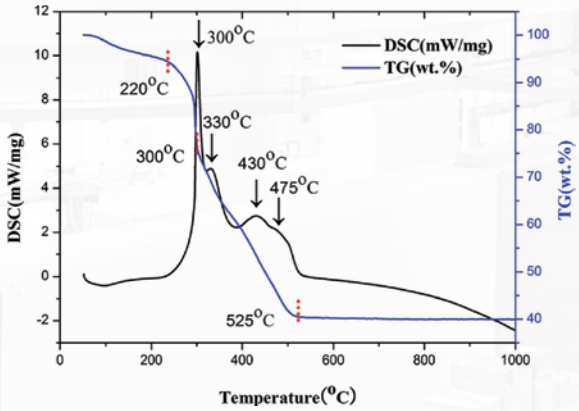
รูปที่ 1 TG-DSC Curves ของพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) เพื่อใช้ในการศึกษาพฤติกรรมทางความร้อน



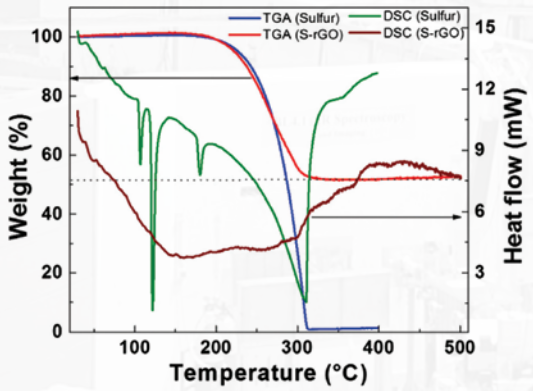
รูปที่ 2 TG-DSC Curves ของ Bi(NO3)3·5H2O เพื่อศึกษาอุณหภูมิและพลังงานที่ใช้ในการเปลี่ยนเฟส

• ศึกษาอุณหภูมิและพลังงานที่ใช้ในการสลายตัวของสารระเหยได้ (Volatile Matters) และการเสื่อมสภาพของพอลิไวนิลไพโรลิโดน (Polyvinyl pyrrolidone: PVP) ที่ใช้เตรียมเส้นใยนาโน TiO_2-vermiculite นอกจากนี้ยังสามารถใช้ศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการเปลี่ยนเฟส anatase ของ TiO_2 เป็นเฟส rutile ได้ ดังรูปที่ 3

• ศึกษาอุณหภูมิและพลังงานที่ใช้ในการในเปลี่ยนโครงสร้างของซัลเฟอร์ที่เติมลงไปบนกราฟีนออกไซด์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของขั้วแคโทดในแบตเตอรี่แมกเซียม-ซัลเฟอร์ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 3 TG-DSC Curves ของ PVP/Ti(OCH(CH$_3$)$_2$)$_4$ สำหรับใช้ในการสังเคราะห์เส้นใยนาโน TiO_2 เพื่อใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทางแสง



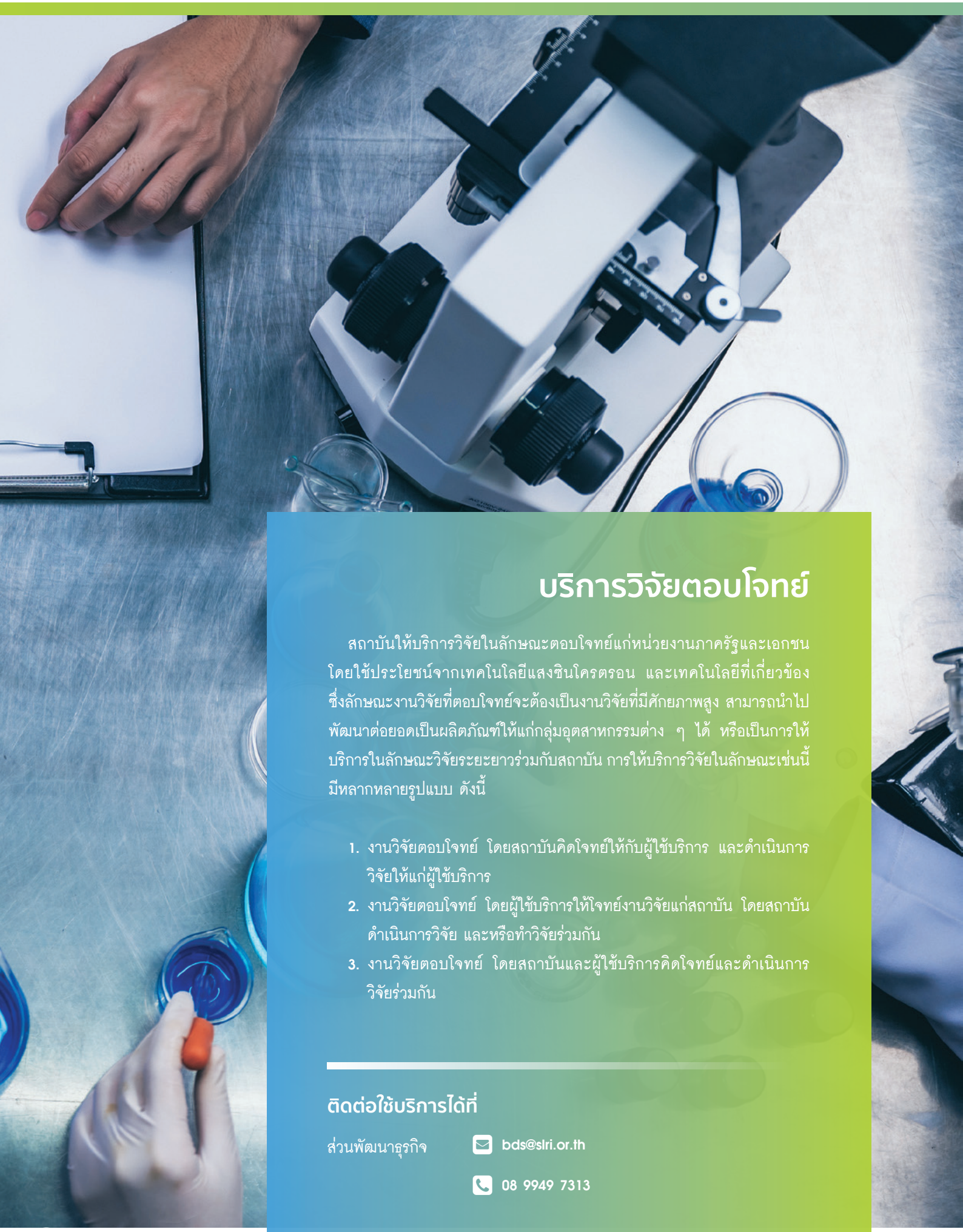
รูปที่ 4 TG-DSC Curves ของซัลเฟอร์ และรีดิวซ์กราฟีนออกไซด์ที่ปรับปรุงด้วยซัลเฟอร์ (Sulfur-reduced graphene oxide: S-rGO) ที่ใช้เป็นขั้วแคโทดในแบตเตอรี่แมกนีเซียม-ซัลเฟอร์

เอกสารอ้างอิง

1. Yu, Y.N., Lu, S.Y., Bao, S.J., Sun, Q.Q. and Liao, S.H., Nanostring-cluster hierarchical structured Bi2O3: Synthesis, evolution and application in biosensing, Phys Chem Chem Phys, 2016, 18, 1931-1936.

2. Tang, C., Hu, M., Fang, M., Liu, Y., Wu, X., Liu, W., Wang, M. and Huang Z., Photocatalytic property of TiO2-vermiculite composite nanofibers via electrospinning, Nanoscale Res Lett, 2015, 10, 276-285.

3. Vinayan, B.P., Zhao-Karger, Z., Diemant, T., Chakravadhanula, V.S.K., Schwarzburger, N.I., Cambaz, M.A., J¨rgen Behm, R., K¨bel, C. and Fichtner M., Performance study of magnesium-sulfur battery using a graphene based sulfur composite cathodelectrode and a non-nucleophilic Mg electrolyte, Nanoscale, 2016, 8, 3296-3306.



บริการวิจัยตอบโจทย์

สถาบันให้บริการวิจัยในลักษณะตอบโจทย์แก่หน่วยงานภาครัฐและเอกชน โดยใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีแสงซินโครตรอน และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง ซึ่งลักษณะงานวิจัยที่ตอบโจทย์จะต้องเป็นงานวิจัยที่มีศักยภาพสูง สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ให้แก่กลุ่มอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้ หรือเป็นการให้บริการในลักษณะวิจัยระยะยาวร่วมกับสถาบัน การให้บริการวิจัยในลักษณะเช่นนี้มีหลากหลายรูปแบบ ดังนี้

1. งานวิจัยตอบโจทย์ โดยสถาบันคิดโจทย์ให้กับผู้ใช้บริการ และดำเนินการวิจัยให้แก่ผู้ใช้บริการ
2. งานวิจัยตอบโจทย์ โดยผู้ใช้บริการให้โจทย์งานวิจัยแก่สถาบัน โดยสถาบันดำเนินการวิจัย และหรือทำวิจัยร่วมกัน
3. งานวิจัยตอบโจทย์ โดยสถาบันและผู้ใช้บริการคิดโจทย์และดำเนินการวิจัยร่วมกัน

ติดต่อใช้บริการได้ที่

ส่วนพัฒนาธุรกิจ

bds@slri.or.th

08 9949 7313

บริการเทคนิคและวิศวกรรม

ติดต่อใช้บริการได้ที่

ส่วนพัฒนาธุรกิจ

bds@slri.or.th

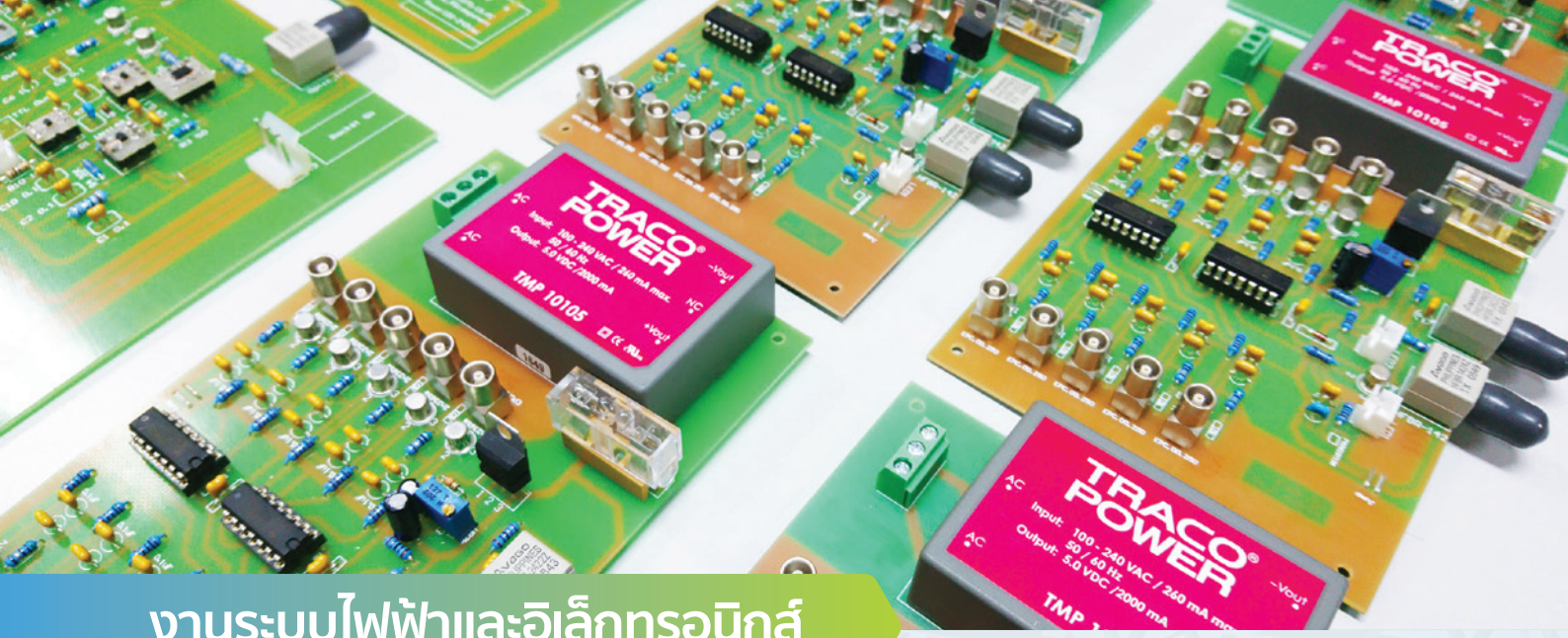
08 9949 7313

งานพัฒนาระบบเชิงกล

คือการให้บริการออกแบบ พัฒนา ติดตั้ง และซ่อมบำรุงชิ้นส่วนระบบเชิงกล และอุปกรณ์ระบบสุญญากาศของเครื่องเร่งอนุภาค ระบบลำเลียงแสง และสถานีทดลอง

งานการผลิต

คือการให้บริการผลิตชิ้นส่วนเครื่องมืออุปกรณ์สุญญากาศระดับสูง ที่ผ่านการออกแบบ ให้บริการงานล้างทำความสะอาดชิ้นส่วน และการทดสอบรอยรั่ว เพื่อสนับสนุนงานเครื่องเร่งอนุภาคฯ สร้างระบบลำเลียงแสง และสถานีทดลอง โดยมีศักยภาพและความสามารถในการให้บริการทั้งในสถาบัน และหน่วยงานภายนอก



งานระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

คือการให้บริการออกแบบ พัฒนา สร้าง และ บำรุงรักษา อุปกรณ์ทางไฟฟ้า ระบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ การเชื่อมต่อ กับอุปกรณ์กับระบบควบคุมต่าง ๆ ของเครื่องกำเนิดแสงสยาม ระบบลำเลียงแสง และสถานีทดลอง รวมไปถึงเครื่องมือทางด้านวิทยาศาสตร์

งานระบบควบคุม

คือการให้บริการออกแบบ พัฒนาระบบควบคุมโปรแกรมการวัดและเก็บข้อมูลของเครื่องกำเนิดแสงสยาม ระบบลำเลียงแสง สถานีทดลองและเครื่องมือวิทยาศาสตร์พื้นฐาน

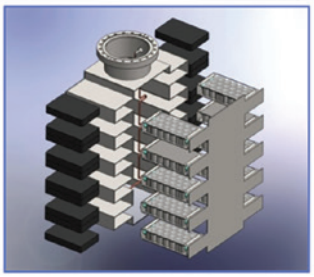
เทคโนโลยีสุญญากาศเพื่ออุตสาหกรรม

ในช่วงเริ่มต้นของการจัดตั้งสถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน) นั้น สถาบันได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีสุญญากาศ จากวิศวกรประเทศญี่ปุ่น ซึ่งถือเป็นเทคโนโลยีขั้นสูงแขนงหนึ่ง สำหรับรองรับการสร้างระบบที่ใช้ในการผลิตแสงซินโครตรอน กลุ่มนักวิจัยและวิศวกรของสถาบันได้ร่วมกันปรับปรุงและพัฒนาขีดความสามารถด้านเทคโนโลยีสุญญากาศระดับสูงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งสามารถพัฒนาศักยภาพในการผลิตชิ้นส่วน สุญญากาศระดับสูงยิ่งยวด (Ultra High Vacuum Components) ที่ทำงานในสภาวะสุญญากาศระดับ 1.0 x 10^{-10} ทอร์ (torr) ได้เป็น อย่างดีและมีคุณภาพเทียบเท่ากับสินค้าจาก ต่างประเทศ นอกจากนั้น สถาบันยังพัฒนาระบบควบคุมแม่นยำสูง (High prexcision control) และการผลิตปั๊มสุญญากาศแบบสปัตเตอร์ไอออนควบคู่กันไปด้วย

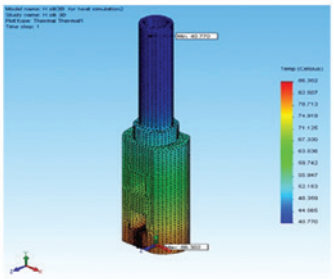
ปัจจุบัน สถาบันมีความพร้อมในการให้บริการออกแบบจัดสร้างและการพัฒนาระบบสุญญากาศชนิดต่าง ๆ รวมถึงมีศักยภาพในการแก้ไขปัญหาด้านระบบสุญญากาศ ระบบควบคุมและระบบปั๊มสุญญากาศแบบสปัตเตอร์ไอออนเพื่อรองรับการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมที่กระบวนการผลิตเกี่ยวข้องกับระบบสุญญากาศเพิ่มมากขึ้น การให้บริการของสถาบันจึงถือเป็นการให้บริการด้านเทคนิคและวิศวกรรมขั้นสูงที่ครบวงจร ลดการพึ่งพาจากต่างประเทศ บนพื้นฐานแห่งความคุ้มค่าทั้งราคา และงานบริการ เพื่อความพึงพอใจสูงสุดของผู้รับบริการ

ตัวอย่างงานที่สถาบัน ให้บริการ เช่น

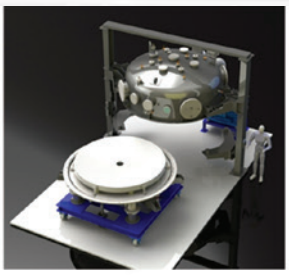
- งานแก้ไขปัญหาระบบสุญญากาศของเครื่องทำวัคซีนเหลวให้เป็นผง (Freeze Dryer) ของบริษัทองค์การเภสัชกรรม เมอร์ริเออร์ ชีววัตถุ จำกัด เขตอุตสาหกรรมเกตเวย์ซิตี้ จังหวัดฉะเชิงเทรา
- งานสร้างและพัฒนาเครื่องเคลือบ กระจกกล้องโทรทรรศน์ ขนาด 2.4 เมตรของสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (สดร.)
- งานสร้างHot trap & Mixer ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เป็นต้น



ปั๊มสุญญากาศชนิดไอออน
ขนาด500 l/s



งานวิเคราะห์การกระจาย
ความร้อนช่องเปิดรับแสง



ระบบเคลือบผิวกระจกขนาด 2.4 เมตร สำหรับกล้อง
โทรทรรศน์ของสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ

การบริการผลิตชิ้นส่วนสุญญากาศ ประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ ดังต่อไปนี้

1. กระบวนการออกแบบ

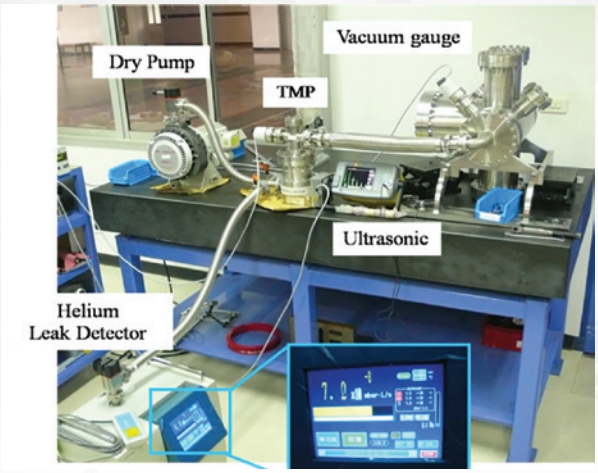
- บริการออกแบบทางวิศวกรรมด้วยโปรแกรม SOLIDWORKS ประกอบด้วย การออกแบบชิ้นงาน 3 มิติ (3D Part), การออกแบบชิ้นงานประกอบ (Part Assemblies) และการออกแบบงาน สำหรับการผลิต (2D Drawing)
- บริการวิเคราะห์ปัญหาทางกลศาสตร์ด้วยวิธีการทางไฟไนต์อิลิเมนต์ จากโปรแกรม ANSYS (Static, Transient, Modal, Bucking, Spectrum, Harmonic, Conduction, Convection, Large Strain และ Large Deflection)

2. กระบวนการขึ้นรูป

- การขึ้นรูป ทำการตัด เจาะ เซาะ ตกแต่งวัสดุให้ได้ขนาดและรูปร่างตามส่วนประกอบของอุปกรณ์ที่ต้องการด้วยเครื่องจักรทันสมัย และบุคคลากรชำนาญการ
- ประกอบชิ้นงาน ส่วนประกอบย่อยที่ถูกขึ้นรูปแล้วจะถูกประกอบเข้าด้วยกัน โดยการจับยึดในเบื้องต้น โดยต้องมีความแม่นยำ ในการประกอบให้ได้ขนาดและมุม ที่เที่ยงตรงตามแบบ
- การเชื่อมประสาน โดยช่างเชื่อมฝีมือที่มีประสบการณ์สูงทำการเชื่อมรอยต่อทั้งหมดเข้าด้วยกันอย่างระมัดระวังเพื่อไม่ให้เกิดจุดบกพร่องอันนำมาสู่รอยรั่วของสุญญากาศป้องกันการบิดตัวของชิ้นงานรวมทั้งเพิ่มความแข็งแรงและทนทานต่อการใช้งาน

3. การทดสอบสุญญากาศ

เป็นการทดสอบคุณภาพสุญญากาศของชิ้นงาน โดยมีการสร้างสภาพสุญญากาศด้วย turbo molecular pump และทำการทดสอบด้วย helium leak detector เพื่อเป็นการประกันคุณภาพในทุกรอยต่อ หากมีรอยรั่วชิ้นงานจะถูกส่งกลับไปแก้ไข ก่อนนำกลับมา ทดสอบใหม่อีกครั้ง

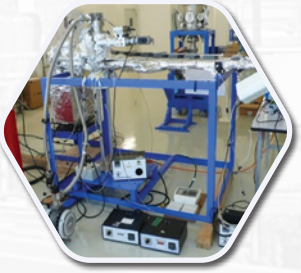


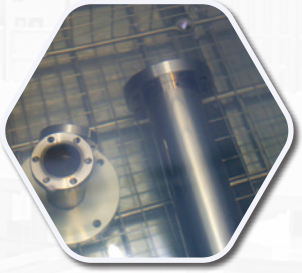
4. การทำความสะอาด

ชิ้นงาน UHV จำเป็นต้องมีการทำความสะอาดโดยการล้างสิ่งสกปรกด้วยสารเคมี และทำให้แห้ง ก่อนที่จะทำการทดสอบ UHV และส่งมอบให้กับผู้ใช้ต่อไป

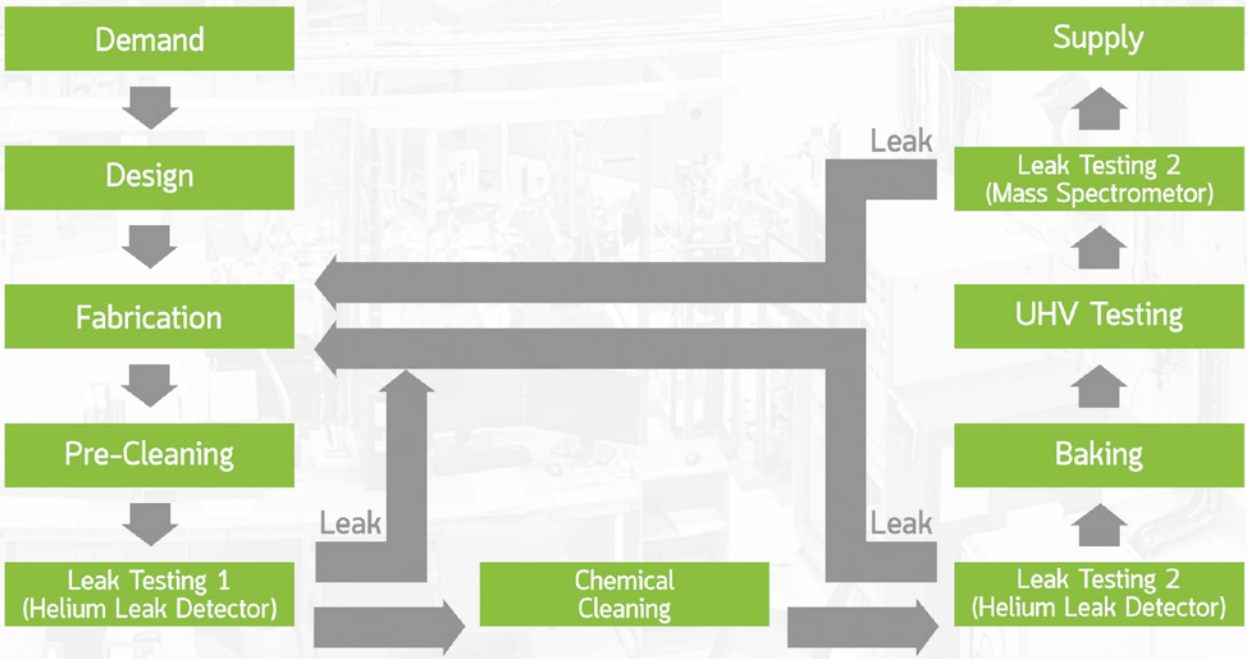
5. การอบไล่อากาศ (Baking)

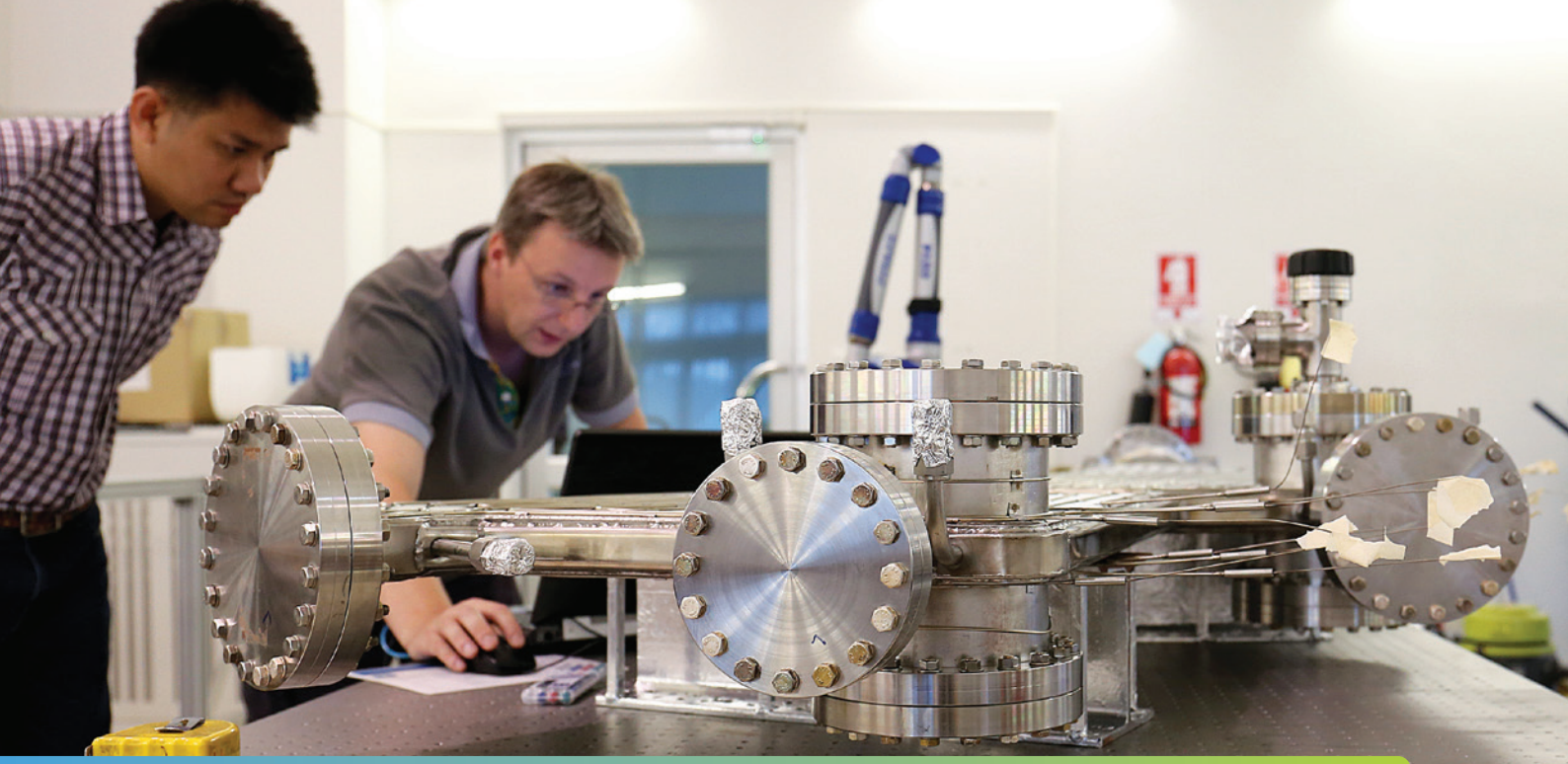
เพื่อการทดสอบสุญญากาศในระดับสูงยิ่ง (UHV) โดยใช้เครื่องมือเฉพาะเช่น Mass Spectrometer





แผนผังกระบวนการผลิตชิ้นส่วนสุญญากาศ





บริการตรวจสอบขนาดและรูปร่างทางเรขาคณิตของชิ้นงาน

1. บริการตรวจสอบ มิติ ขนาด รูปร่างทางเรขาคณิตของชิ้นงานที่ผลิตขึ้นรูปเรียบร้อยแล้ว ด้วยเครื่องมือ Portable Coordinate Measuring Machine โดยตรวจสอบชิ้นงานเปรียบเทียบขนาดจากการออกแบบด้วยโปรแกรม AUTOCAD หรือแบบจากโปรแกรม SOLIDWORKS โดย ตรวจสอบความแม่นยำในการผลิต เช่น Plane, Angle, Parallel และ Eccentric เป็นต้น

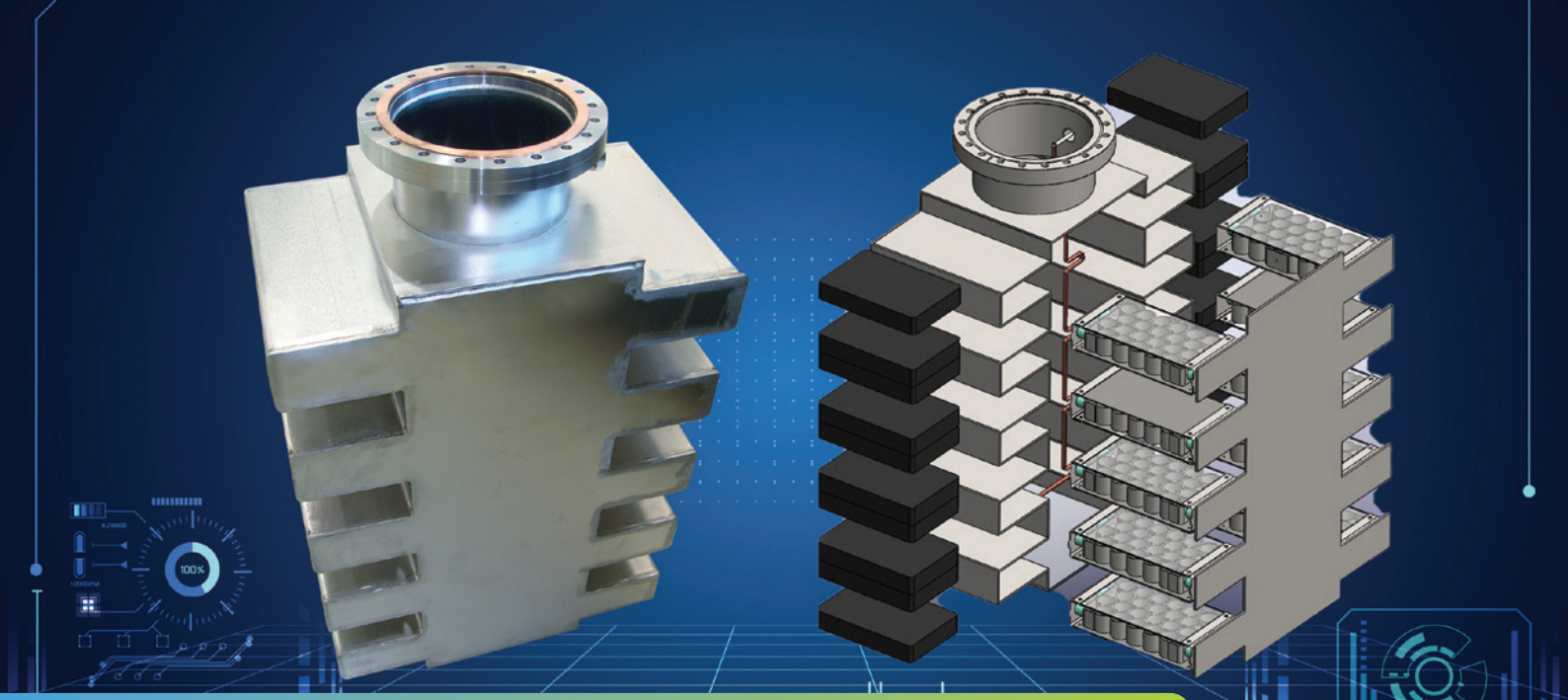
2. ตรวจสอบขนาดและรูปร่างของชิ้นงานที่มีขนาด ความกว้าง x ความยาว x ความสูง ไม่เกิน 90 x 90 x 90 เซนติเมตร

3. สามารถให้บริการตรวจสอบขนาดและรูปร่างของชิ้นงานโดยให้ค่าความแม่นยำในการตรวจสอบได้ไม่น้อยกว่า 0.02 มิลลิเมตร

บริการพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติและประมวลผล

1. ระบบควบคุมทางด้าน Interlock System ทั้งระบบควบคุมแบบระยะใกล้ (Local Control) และระยะไกล (Remote Control) สามารถประยุกต์ใช้กับภาคอุตสาหกรรมและการผลิตที่มีความซับซ้อนผ่านระบบ network โดยใช้ต้นทุนที่ค่อนข้างต่ำ

2. งานควบคุมสำหรับระบบเชิงกลที่ต้องการความแม่นยำและความละเอียดสูง (High Precision) ซึ่งประกอบไปด้วยงานสร้างและพัฒนาทั้งในส่วนของ hardware และ software ซึ่งได้แก่ การพัฒนาโปรแกรมควบคุมชุดมอเตอร์และอุปกรณ์ขับเคลื่อนต่างๆ แบบหลายมิติเป็นต้น



บริการผลิตปั๊มสุญญากาศแบบสปัตเตอร์ไอออน (Sputter Ion Pump)

ระบบสุญญากาศระดับสูงมากที่เรียกว่า ระดับสูงยิ่งยวด Ultra High Vacuum (UHV) ไม่สามารถใช้ปั๊มสุญญากาศทั่วไปเพียงชนิดเดียวในการสร้างสภาวะดังกล่าวได้ ต้องทำงานร่วมกับปั๊มสุญญากาศแบบไอออนเป็นหลัก ซึ่งปั๊มสุญญากาศแบบไอออน มีหลักการทำงานคือทำให้อากาศที่เหลืออยู่แตกตัวเป็นไอออนวิ่งด้วยความเร่งภายใต้สนามแม่เหล็กพุ่งชนกับแผ่นไททาเนียมบริสุทธิ์ ทำให้เกิดกระบวนการสปัตเตอร์ริ่ง และดูดจับโมเลกุลของอากาศ

เนื่องจากเทคโนโลยีการผลิตปั๊มดังกล่าวยังไม่มีในประเทศทำให้มีราคาสูง กลุ่มวิศวกรของสถาบันจึงได้ร่วมกันพัฒนาปั๊มสุญญากาศ ในขนาด 150 ลิตรต่อวินาที ได้เป็นผลสำเร็จ ปั๊มที่พัฒนาขึ้นสามารถสร้าง สุญญากาศในระดับ 3 x 10^{-10} ทอร์ (torr) โดยมีราคาถูกมากกว่าครึ่งของราคานำเข้าจากต่างประเทศ

การให้บริการเชื่อมแล่นประสานโลหะในสภาวะสุญญากาศ

เทคโนโลยีเตาเชื่อมโลหะต่างชนิดแบบไร้ตะเข็บในภาวะสุญญากาศได้รับการพัฒนาขึ้นโดยทีมวิศวกรของสถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน) (อนุสิทธิบัตรการประดิษฐ์ เลขที่คำขอ1703001736) ข้อดีของการเชื่อมประสานด้วยเทคนิคนี้คือโลหะที่เชื่อมจะเกิดการบิดตัวน้อย ทำให้ควบคุมความแม่นยำในการเชื่อมได้ดี สามารถเชื่อมโลหะชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดได้เป็นอย่างดี ความรู้ความชำนาญและเทคโนโลยีที่เกิดจากการพัฒนาเตาเชื่อมแล่นประสานโลหะในสภาวะสุญญากาศ (Vacuum Brazing Furnace) นี้ สามารถพัฒนาต่อยอดได้กับหลากหลายอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมเครื่องมือตัด (Cutting Tools) อุตสาหกรรมการอบชุบโลหะ (Heat Treatment) อุตสาหกรรมระบบปรับอากาศ (Air Conditioning System) และอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องฟอกไอเสียเชิงเร่งปฏิกิริยา (Catalytic Converter) เป็นต้น

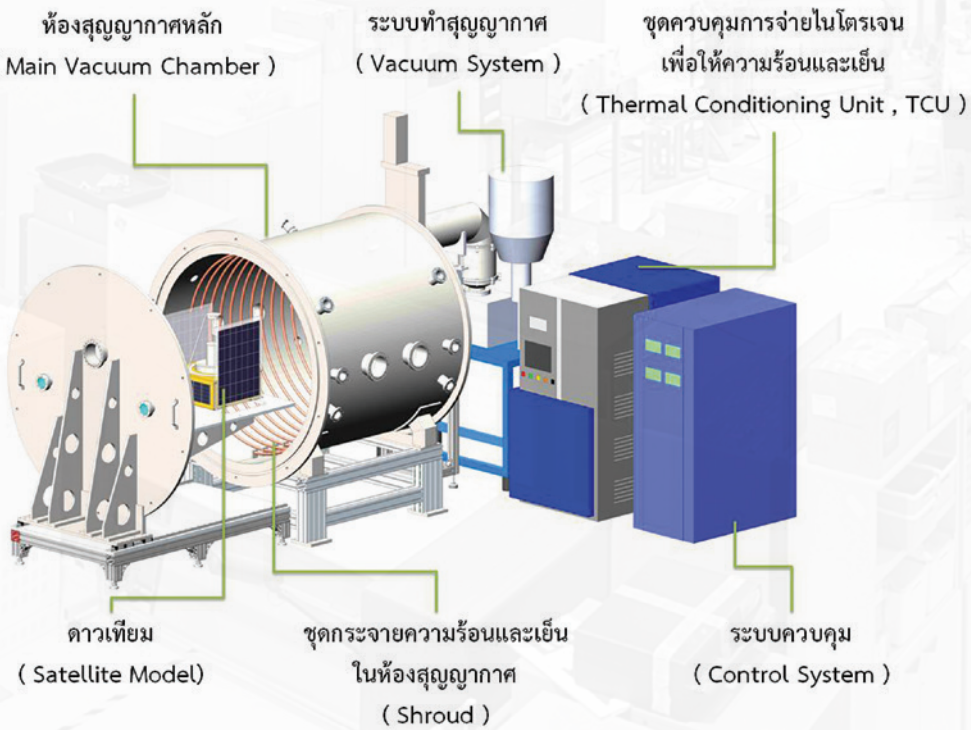
คุณลักษณะของเตาเชื่อมแล่นประสานในสภาวะสุญญากาศ

Size W x H x D	300 x 300 x 500 mm.
Max Temperature	1,200 °C
Heating Element	Molybdenum
Insulator	Graphite
Temp. Ripple	< ± 5 °C
Temp. Ramp-Up Rate	≥ 25 °C/min
Base Pressure	Less than 5.0 x 10^{-5} Torr
Main Vaccum Pump	Diffusion
Baking Pump	Rotary and Robot
Cooling Water Temp.	< 10 °C
Cooling Gas	N_2 , Ar
Hot zone uniformity	Less than ≤ ± 5 °C

การให้บริการทดสอบสภาวะการทำงานของดาวเทียมวิจัยอวกาศและวัสดุในสภาวะสุดโต่ง

ระบบทดสอบสภาวะการทำงานของดาวเทียมวิจัยอวกาศ เป็นระบบที่สร้างขึ้นเพื่อจำลองสภาวะอวกาศ โดยคุณสมบัติของระบบสามารถสร้างสภาวะสุญญากาศระดับสูง (HV) ที่ค่าความดันต่ำกว่า 1.0 x 10^{-6} torr ในห้องสุญญากาศทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เมตร ยาว 1.5 เมตร และสามารถสร้างสภาวะร้อน-เย็นที่อุณหภูมิ ±150 องศาเซลเซียส โดยใช้เทคโนโลยีการผลิตความร้อน-เย็นด้วยไนโตรเจนเหลว (LN2) สามารถรองรับการทดสอบดาวเทียมที่มีน้ำหนักมากถึง 100 กิโลกรัม และมีระบบควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติ

* **หมายเหตุ** สอบถามรายละเอียดเพิ่มเติม ส่วนพัฒนาธุรกิจ : 0-4421-7040 ต่อ 1607-1609



บริการที่ปรึกษา

สถาบันให้บริการวิชาการแก่หน่วยงานภายนอก ในลักษณะให้คำปรึกษา วางแผนการดำเนินงานวิจัย โดยเฉพาะองค์ความรู้ทางด้านเทคโนโลยีแสงซินโครตรอนและองค์ความรู้อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ความรู้ทางด้านเทคโนโลยีสุญญากาศ เทคโนโลยีการเคลือบฟิล์มบาง เทคโนโลยีการสังเคราะห์กระจกเกรียบ ฯลฯ ซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่ผู้รับบริการ

ติดต่อใช้บริการได้ที่

ส่วนพัฒนาธุรกิจ

bds@slri.or.th

08 9949 7313

บริการอื่นๆ

บริการอื่น ๆ ได้แก่ การให้บริการจัดอบรม สัมมนา ที่เกี่ยวข้องกับองค์ความรู้ เทคนิคแสงซินโครตรอน เทคนิคและวิศวกรรม และอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นจากงานวิจัยของสถาบัน อีกทั้งการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่ภาคเอกชนที่สนใจในงานวิจัย ตลอดจนการเช่าพื้นที่ อุปกรณ์ หรือห้องประชุม เพื่อช่วยสนับสนุนงานทางด้านวิชาการอีกด้วย

ติดต่อใช้บริการได้ที่

ส่วนพัฒนาธุรกิจ

bds@slri.or.th

08 9949 7313

กลุ่มอุตสาหกรรมที่ให้บริการ

1. กลุ่มอุตสาหกรรมยาและเครื่องสำอาง

วิเคราะห์กลไกการแพร่ผ่านชั้นผิวหนังของสารออกฤทธิ์ หรือสารอื่น ๆ ที่เป็นส่วนประกอบของเครื่องสำอาง หรือผลิตภัณฑ์ สำหรับบำรุงผิว โดยเน้นวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ

2. กลุ่มอุตสาหกรรมอาหารและการเกษตร

วิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีระดับโมเลกุลหรืออะตอม เช่น เพื่อพัฒนาแป้งดัดแปรให้ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ในกระเพาะอาหารสำหรับกลุ่มผู้บริโภคที่ถูกควบคุมน้ำหนัก วิเคราะห์โครงสร้างโปรตีนของเนื้อสัตว์ชนิดต่าง ๆ และผลของสารเติมแต่งต่อคุณภาพของเนื้อสัตว์ นอกเหนือจากงานวิเคราะห์และทดสอบ ยังมีการวิจัยและพัฒนาโดยการนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาประยุกต์ใช้ในการทำการเกษตรเพื่อเพิ่มผลผลิตและรักษาคุณภาพของพืช เช่น ระบบตู้ควบคุมอัจฉริยะ (Smart Farming) และการติดตามผลการทดลองในลักษณะ Real time เป็นต้น

3. กลุ่มอุตสาหกรรมโลหะและเซรามิก

วิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคของวัสดุ การปนเปื้อนและข้อบกพร่องบนพื้นผิววัสดุ การกัดกร่อนของโลหะและเซรามิก การแยกตัวขององค์ประกอบทางเคมีในระดับจุลภาค และการตกผลึกของเฟสที่ 2 บนพื้นผิว เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงคุณสมบัติของวัสดุดังกล่าวให้สามารถใช้งานในกระบวนการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. กลุ่มอุตสาหกรรมยางและพอลิเมอร์

วิเคราะห์และตรวจสอบโครงสร้างทางเคมีในระดับโมเลกุลและอะตอมของผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากยางพาราธรรมชาติ และยางสังเคราะห์ เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณสมบัติเหมาะสมกับการใช้งาน เช่น คุณสมบัติด้านการยืดยุ่น คุณสมบัติต้านแรงกระแทก ฯลฯ นอกจากนี้สามารถวิเคราะห์โครงสร้างผลึกของยางที่เปลี่ยนไปภายใต้สภาวะความดันหรืออุณหภูมิต่าง ๆ

5. กลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์

วิเคราะห์ชิ้นส่วนโลหะและโลหะผสมที่ใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์ ซึ่งสามารถวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคทางเคมี การถ่ายภาพด้วยเทคนิคต่าง ๆ เพื่อศึกษาถึงโครงสร้างจุลภาคของโลหะ

6. กลุ่มอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

วิเคราะห์พวกสารกึ่งตัวนำชนิดฟิล์มบาง เพื่อประยุกต์ใช้ในการผลิตโซลาร์เซลล์ จอโปร่งแสง รวมถึงการวิจัยและพัฒนาชิ้นส่วนประกอบในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยเฉพาะหัวอ่านแม่เหล็ก และแหล่งบรรจุข้อมูล

7. กลุ่มอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ขนาดจุลภาค (ขนาดจิ๋ว)

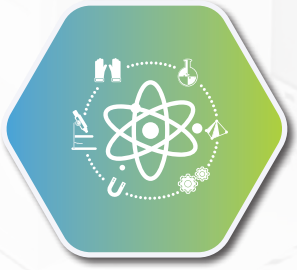
สามารถออกแบบและผลิตแม่พิมพ์ที่มีขนาดจุลภาคในระดับไมโครเมตรและนาโนเมตร ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนในแต่ละมิติต่ำ เช่น แม่พิมพ์สำหรับผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ไมโครชิป ชิ้นส่วนเครื่องจักรขนาดจิ๋ว และเฟืองเกียร์ เป็นต้น

8. กลุ่มอุตสาหกรรมสิ่งทอและเคมีภัณฑ์

วิเคราะห์การจัดเรียงตัวของสารเคมีที่เคลือบบนผิวผ้าในระดับนาโนเมตร หรือวิเคราะห์เส้นใยนาโน เช่น เส้นใยผ้าที่ผสมซิลเวอร์นาโน เพื่อฆ่าเชื้อโรค เป็นต้น

9. กลุ่มอุตสาหกรรมอัญมณี

วิเคราะห์โครงสร้างระดับอะตอมของธาตุในอัญมณี เพื่อบ่งชี้ข้อมูลเชิงลึกในการเปลี่ยนสีของอัญมณีให้ได้ตามที่ต้องการ เป็นต้น



10. กลุ่มอุตสาหกรรมอื่น ๆ

นอกเหนือจากที่กล่าวไว้ข้างต้น ยังมีกลุ่มงานวิจัยอื่น ๆ ได้แก่ การวิเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในโรงกลั่นน้ำมันและผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม วิเคราะห์เกี่ยวกับวัสดุทางการแพทย์ และวิเคราะห์ พื้นผิวฟิล์มบางที่นำไปประยุกต์ใช้ทางด้านบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น

การให้บริการแบบเบ็ดเสร็จ (Total Solutions)

สถาบันสนับสนุนการวิจัยและพัฒนาแก่ภาครัฐและเอกชน รวมถึงการแก้ปัญหาในกระบวนผลิต การคิดค้น และพัฒนาผลิตภัณฑ์แก่กลุ่มอุตสาหกรรมต่าง ๆ ในรูปแบบ "Total Solution" ที่ช่วยให้กระบวนการวิจัยง่ายขึ้น รับผิดชอบดำเนินการตั้งแต่ต้นน้ำจนถึงปลายน้ำ ถือเป็นการตอบโจทย์งานวิจัยที่เสร็จภายในขั้นตอนเดียวแก่ภาคเอกชน นอกเหนือจากการใช้แสงซินโครตรอนแล้ว ยังมีเครือข่ายหน่วยงานอื่น ๆ พร้อมช่วยแก้ไขปัญหาให้กับภาคเอกชนอย่างครบวงจร อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมให้เกิดนวัตกรรมหลากหลายรูปแบบ และถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการพึ่งพาตนเองได้อย่างยั่งยืน

Problem Solved

Alliance

- Universities
- Other Labs
- Research Institutes

Synchrotron

- Beamtime
- Lab
- Scientist

Company

ขั้นตอนการขอรับบริการภาควิชาการ

1. นักวิทยาศาสตร์ระบบลำเลียงแสงให้คำปรึกษาการเขียนข้อเสนอโครงการ
2. ผู้ใช้บริการแสงซินโครตรอน ยื่นข้อเสนอโครงการผ่านระบบ Beamtime application system (http://beamapp.slri.or.th)
3. คณะกรรมการ และผู้จัดการระบบลำเลียงแสงประเมินข้อเสนอโครงการวิจัย
4. ผู้จัดการระบบลำเลียงแสง จัดสรรเวลาการเข้าใช้บริการ และส่วนบริการผู้ใช้ ดำเนินการแจ้งข้อมูลแก่ผู้ขอใช้บริการผ่านทางจดหมายอิเล็กทรอนิกส์
5. ผู้ขอใช้บริการยืนยันการเข้าใช้บริการและแจ้งรายชื่อผู้เข้าทำการทดลองมายังส่วนบริการผู้ใช้
6. ผู้ขอใช้บริการเข้ารับการอบรมความปลอดภัย รับอุปกรณ์ตรวจวัดรังสีส่วนบุคคล บัตรผ่านเข้าออกโถงทดลอง แบบประเมินความพึงพอใจ และเข้าทำการทดลอง
7. เมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง คืนอุปกรณ์ตรวจวัดรังสีและบัตรผ่านเข้าออกโถงทดลอง, ส่งแบบประเมินความพึงพอใจ และกรอกข้อมูล End of run report
8. รายงานผลการทดลอง Experimental report ในระบบ Beamtime application system (http://beamapp.slri.or.th)

ขั้นตอนการขอรับบริการภาคเอกชน

1. ยื่นแบบฟอร์มขอรับบริการ

2. ประเมินและเสนอราคา

3. ตรวจสอบใบเสนอราคา หรือออกใบสั่งซื้อ / สั่งจ้าง ส่งมาที่ส่วนพัฒนาธุรกิจ

4. เริ่มให้บริการวิจัย / วิเคราะห์ / ผลิตชิ้นงาน

5. รายงานผลวิเคราะห์ / วิจัย / ส่งมอบงาน

6. เก็บค่าบริการวิจัย (ออกใบแจ้งหนี้/ใบเสร็จ)

สำหรับภาควิชาการ

ติดต่อส่วนบริการผู้ใช้

0 4421 7040 ต่อ 1602-1605

08 1955 6518

userservice@slri.or.th

สำหรับผู้ใช้ภาควิชาการ

สำหรับภาคเอกชน

ติดต่อส่วนพัฒนาธุรกิจ

0 4421 7040 ต่อ 1607-1609

08 9949 7313

bds@slri.or.th

สำหรับผู้ใช้ภาคเอกชน

สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน)

เลขที่ 111 หมู่ที่ 6 อาคารสิรินธรวิชโชทัย ถ.มหาวิทยาลัย
ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

โทรศัพท์: 0 4421 7040 โทรสาร: 0 4421 7047

สำนักงานกรุงเทพมหานคร

75/47 กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
ถนนพระราม 6 แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400

โทรศัพท์: 0 2354 3954 โทรสาร: 0 2354 3955