



SYNCHROTRON LIGHT RESEARCH INSTITUTE



สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน)
กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

แสงซินโครตรอน

แสงซินโครตรอน คือ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ถูกปล่อยจากอนุภาคที่มีประจุ เช่น อิเล็กตรอนที่มีความเร็วสูงเกือบเท่าความเร็วแสงและมีความเร่ง และถูกบังคับให้เลี้ยวเบนด้วยสนามแม่เหล็ก ซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานในรูปแบบของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า นั่นคือ “แสงซินโครตรอน”

เครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอน (Synchrotron Light Source)

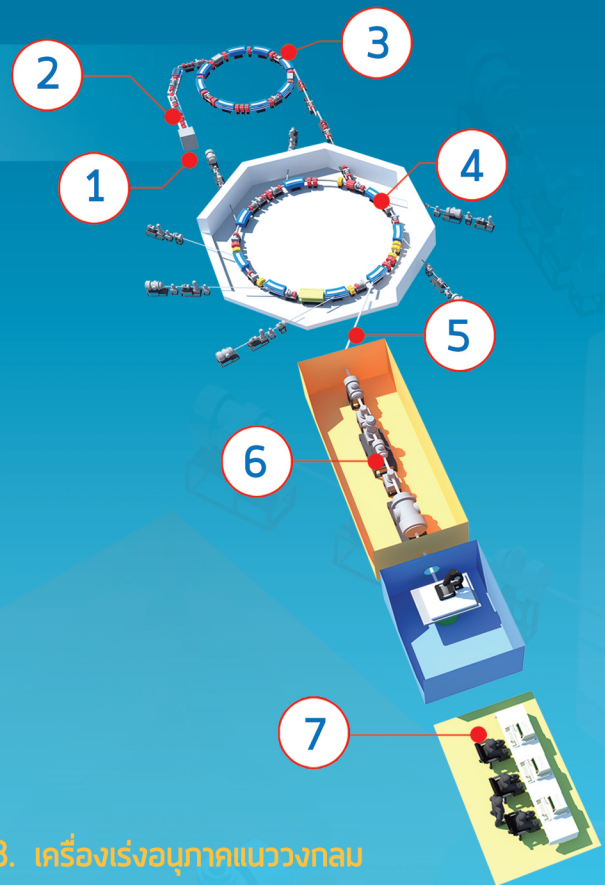
ในประเทศไทยมีเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอน ซึ่งเราเรียกว่า เครื่องกำเนิดแสงสยาม (Siam Photon Source) มีส่วนประกอบดังนี้

1. ปืนอิเล็กตรอน (Electron Gun)

ปืนอิเล็กตรอน ทำหน้าที่ผลิตอิเล็กตรอนจำนวนมหาศาลโดยการปล่อยกระแสไฟฟ้าให้กับไส้หลอดของปืนอิเล็กตรอนจนร้อน ทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกมา จากนั้นใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้าแรงสูงช่วยวกในการดึงอิเล็กตรอนให้วิ่งไปในทิศทางเดียวกัน

2. เครื่องเร่งอนุภาคแนวตรง (Linear Accelerator : Linac)

เครื่องเร่งอนุภาคแนวตรง ทำหน้าที่เร่งพลังงานอิเล็กตรอนในแนวเส้นตรงด้วยคลื่นไมโครเวฟ จนมีพลังงานสูงถึง 40 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์ (40 MeV) และส่งไปยังเครื่องเร่งอนุภาคแนววงกลม



3. เครื่องเร่งอนุภาคแนววงกลม (Booster Synchrotron)

ทำหน้าที่เพิ่มพลังงานอิเล็กตรอนในแนววงกลมด้วยคลื่นวิทยุ ซึ่งการที่จะเร่งอิเล็กตรอนให้มีพลังงานสูงมากตามที่เราต้องการด้วยเครื่องเร่งอนุภาคในแนวเส้นตรงเพียงอย่างเดียว นั้น ตัวเครื่องเร่งอนุภาคจะต้องมีความยาวหลายกิโลเมตร แต่ด้วยการคิดค้นของนักวิทยาศาสตร์ จึงได้ออกแบบเครื่องเร่งอนุภาคแนววงกลม เพื่อบังคับอิเล็กตรอนให้วิ่งในแนววงกลม และมีพลังงานมากขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งมีพลังงานเท่ากับ 1,000 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์ (1 GeV) ในเวลาประมาณ 0.6 วินาที หรือเกือบเท่าความเร็วแสง แล้วจึงถูกส่งต่อไปยังวงกักเก็บอิเล็กตรอนต่อไป

คุณสมบัติของแสงซินโครตรอน

แสงซินโครตรอนเป็นแสงที่มีคุณลักษณะพิเศษที่โดดเด่นหลายประการ เช่น มีความสว่างจ้ามากกว่าแสงอาทิตย์หลายเท่า ลำแสงมีขนาดเล็ก มีความเข้มแสง ความคมชัด และอำนาจการทะลุทะลวงสูง มีสเปกตรัมต่อเนื่องครอบคลุมช่วงพลังงานตั้งแต่แสงอินฟราเรดแสงที่ตามองเห็น แสงอัลตราไวโอเลต จนถึงรังสีเอกซ์ ทำให้แหล่งกำเนิดแสงซินโครตรอนถือเป็นแหล่งกำเนิดแสงเพียงชนิดเดียวที่สามารถเลือกช่วงความยาวคลื่นหรือพลังงานที่ต้องการใช้ประโยชน์ได้ จึงสามารถประยุกต์ใช้กับงานวิจัยได้หลากหลาย ทั้งทางวิทยาศาสตร์พื้นฐาน เช่น ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา ไปจนถึงวิทยาศาสตร์ประยุกต์ เช่น การแพทย์ เกษตรกรรม โบราณคดี และสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้แสงซินโครตรอนยังมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่องานวิจัยเพื่อตอบโจทย์ภาคอุตสาหกรรม ไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ หรือปรับปรุงกระบวนการผลิต อีกด้วย

4. วงกักเก็บอิเล็กตรอน (Storage Ring)

วงกักเก็บอิเล็กตรอน ทำหน้าที่เพิ่มพลังงานเร่งอิเล็กตรอนให้มีพลังงานสูงถึง 1,200 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์ (1.2 GeV) วงกักเก็บอิเล็กตรอนประกอบด้วยแม่เหล็กชนิดต่างๆ ได้แก่ แม่เหล็กสองขั้ว สี่ขั้ว และหกขั้ว เพื่อทำหน้าที่บังคับให้อิเล็กตรอนพลังงานสูงเหล่านี้ เคลื่อนที่ภายในท่อสุญญากาศโดยบริเวณที่เป็นแม่เหล็กบังคับขั้วเลี้ยวสองขั้ว (Bending magnet) จะเป็นบริเวณที่มีการปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งเราเรียกว่า แสงซินโครตรอน

5. แสงซินโครตรอน (Synchrotron Light)

แสงซินโครตรอน คือ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากอนุภาคอิเล็กตรอนที่มีพลังงานสูง และถูกบังคับให้เลี้ยวโค้งด้วยสนามแม่เหล็กซึ่งจะปลดปล่อยแสงซินโครตรอนออกมาโดยแสงซินโครตรอนที่ผลิตขึ้นมานี้มีคุณสมบัติพิเศษ เช่น มีความสว่างจกว่าดวงอาทิตย์ถึงล้านเท่า ความเข้มสูง และมีความถี่ครอบคลุมตั้งแต่ย่านอินฟราเรด แสงที่ตามองเห็น แสงอัลตราไวโอเลตและรังสีเอกซ์

6. ระบบลำเลียงแสง (Beamlines: BL)

ระบบลำเลียงแสง ประกอบด้วย ท่อสุญญากาศ (Vacuum) กระจกรวมแสง (Collimating mirror) เครื่องคัดเลือกพลังงานแสง (Monochromator) กระจกโฟกัสแสง (Focusing mirror) ระบบช่องสำหรับแสงส่องผ่าน (Slit system) และอุปกรณ์ปลีกย่อยอื่น ๆ ส่วนท้ายสุดของระบบลำเลียงแสงจะเป็นสถานีทดลอง ซึ่งมีระบบวัดสัญญาณติดตั้งอยู่เพื่อดำเนินงานด้วยเทคนิคการทดลองเฉพาะด้านเพื่อทำการวิจัยต่อไป

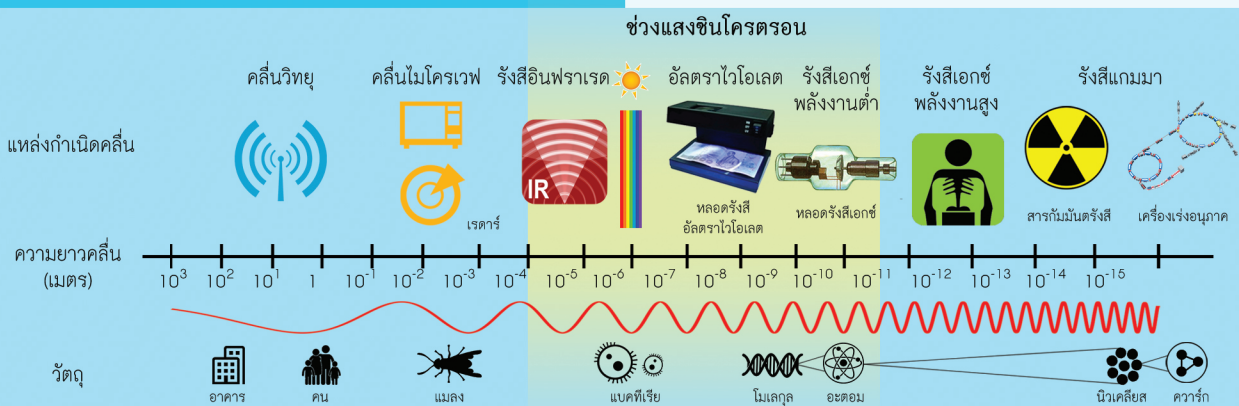
7. สถานีทดลอง (Experimental Station)

ณ สถานีทดลอง เมื่อแสงซินโครตรอนวิ่งชนกับตัวอย่าง จะเกิดการกระเจิง (Scattering) หรือการดูดกลืน (Absorption) หรือการปลดปล่อย (Emission) หรือการเรืองรังสี (Fluorescence) แล้วผ่านตัวตรวจวัดสัญญาณ (Detector) ซึ่งข้อมูลต่างๆ จะถูกส่งไปยังคอมพิวเตอร์และประมวลผลโดยนักวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปวิเคราะห์โครงสร้างของสารในระดับโมเลกุล หรือโครงสร้างอะตอม

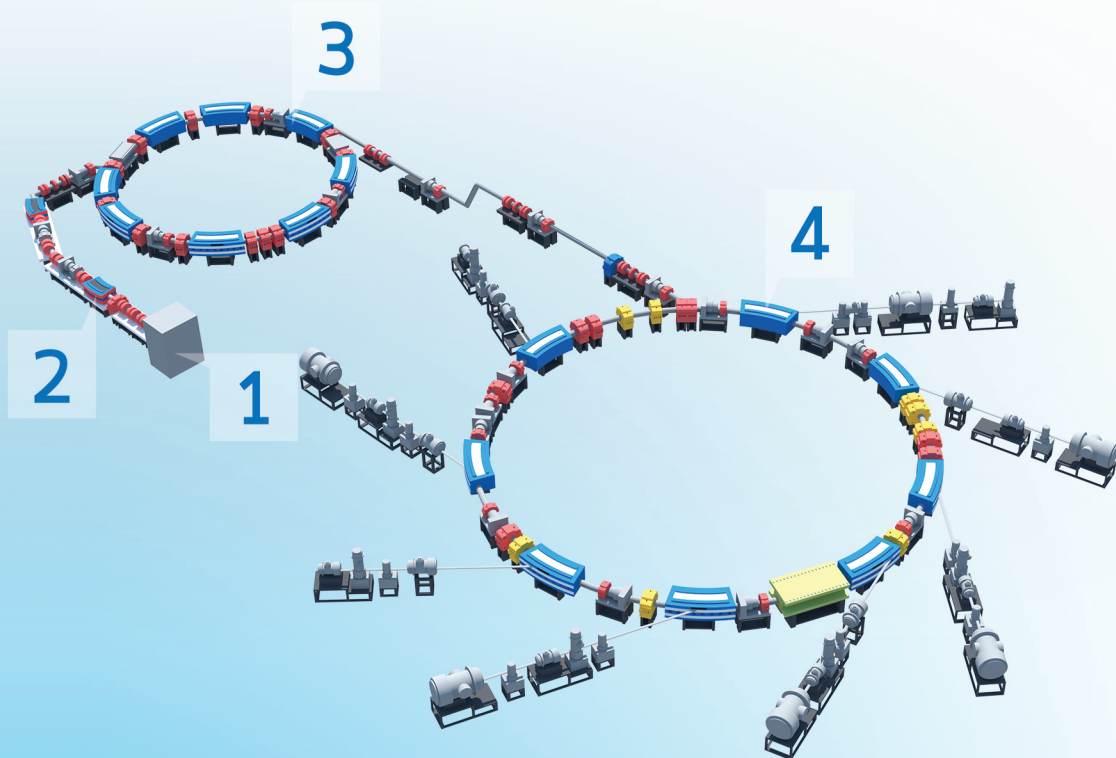
8. อุปกรณ์แทรก (Insertion Devices)

การผลิตแสงซินโครตรอนนั้น หากต้องการแสงที่มีระดับความเข้มแสงและระดับพลังงานสูงตามที่นักวิทยาศาสตร์ต้องการ จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์แทรก (Insertion Devices) ติดตั้งให้กับเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอน โดยอุปกรณ์แทรกที่เรานำมาใช้ ณ เครื่องกำเนิดแสงสยามมี 3 ชนิด คือ

- Undulator คือ อุปกรณ์แทรกประเภทที่เพิ่มความเข้มแสงซินโครตรอน
- Multi-pole Wiggler Magnet คือ แม่เหล็กถาวรประเภทแม่เหล็กหลายขั้วเพื่อเพิ่มพลังงานของแสงซินโครตรอนสำหรับการผลิตรังสีเอกซ์พลังงานสูงซึ่งมีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ของรังสีแกมมา
- Superconducting Wavelength Shifter คือ แม่เหล็กอุปกรณ์แทรกที่มีค่าสนามแม่เหล็กสูงสุด 6.5 เทสลา เพื่อผลิตแสงให้มีพลังงานในช่วงเอกซ์พลังงานสูง (hard X-ray)



การผลิตแสงซินโครตรอน



- ขั้นตอนที่หนึ่ง** ทำการผลิตอิเล็กตรอน โดยการปล่อยกระแสไฟฟ้าให้กับไส้หลอดของปืนอิเล็กตรอนเกิดความร้อนจนอิเล็กตรอนหลุดออกมา จากนั้นจึงใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้าแรงสูงขับเคลื่อนในการดึงอิเล็กตรอนให้วิ่งไปในทิศทางเดียวกัน
- ขั้นตอนที่สอง** เป็นการเร่งความเร็วอิเล็กตรอนด้วยคลื่นไมโครเวฟ โดยเครื่องเร่งอนุภาคแนวตรง หรือ Linac เพื่อเร่งอิเล็กตรอนให้มีความเร็วสูงถึง 40 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์ จากนั้นป้อนอิเล็กตรอนนี้เข้าสู่เครื่องเร่งอนุภาคแนววงกลมหรือเครื่องซินโครตรอน
- ขั้นตอนที่สาม** อิเล็กตรอนภายในเครื่องเร่งอนุภาคแนววงกลมถูกบังคับให้วิ่งเป็นวงกลมและมีความเร็วเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ด้วยคลื่นวิทยุจนกระทั่งมีความเร็วสูงเกือบเท่าความเร็วแสง (1,000 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์) หลังจากนั้นอิเล็กตรอนจะส่งเข้าสู่ส่วนกักเก็บอิเล็กตรอนเป็นขั้นตอนสุดท้าย
- ขั้นตอนที่สี่** วงกักเก็บอิเล็กตรอนทำหน้าที่เพิ่มพลังงาน เร่งอิเล็กตรอนให้มีพลังงานสูงถึง 1,200 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์ (1.2 GeV) ด้วยการใช้สนามแม่เหล็กบีบบังคับให้อิเล็กตรอนเลี้ยวเบนและปลดปล่อยแสงหรือโฟตอนออกมาขณะเลี้ยวเบน และกักเก็บอิเล็กตรอนที่ผลิตขึ้น เพื่อนำแสงซินโครตรอนมาใช้ประโยชน์และให้บริการแก่นักวิทยาศาสตร์ในงานวิจัยด้านต่างๆ ต่อไป

ข้อมูลเทคนิคที่ให้บริการ ณ ห้องปฏิบัติการแสงสยาม

สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน) ดำเนินการพัฒนาเครื่องกำเนิดแสงสยามเพื่อให้บริการแสงซินโครตรอนที่ครอบคลุมงานวิจัยแขนงต่างๆ อาทิ ฟิสิกส์ เคมี วิทยาศาสตร์ชีวภาพ วัสดุศาสตร์ และอุตสาหกรรม เป็นต้น

ระบบลำเลียงแสงที่ 1.3W : เทคนิคการกระเจิงรังสีเอกซ์มุมเล็ก (Small Angle X-ray Scattering : SAXS)

เป็นเทคนิคการกระเจิงรังสีเอกซ์มุมเล็ก สำหรับศึกษาโครงสร้าง ขนาด รูปร่างของสสารในระดับนาโนเมตรหรือการจัดเรียงตัวของโมเลกุลในวัสดุ เช่น พอลิเมอร์ เส้นใย หรือโปรตีน นอกจากนี้ยังให้ข้อมูลด้านคุณสมบัติความเป็นผลึก ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการทำนายสมบัติบางประการจำพวก ความแข็งแรง ความยืดหยุ่นของสสารได้

ข้อมูลทางเทคนิค

Technique : Small Angle X-ray Scattering (SAXS), Wide Angle X-ray Scattering (WAXS)

Applications : Nano structural investigation of materials, Nano particle size analyses

Radiation source : Multipole wiggler

Photon flux at sample : $\sim 1 \times 10^{11}$ phs/s

Photon energy range : 6-10 keV (optimized at 9.5 keV)

Beam collimation : 3 slits + 1 guard slit

Monochromator type : Double Multilayer Monochromator (W/B4C)

Energy bandwidth : 1%

Focusing element : Toroidal mirror

Detectors : CCD (Mar165) / Image Plate Mar 345

Sample-detector distance : 140 - 5000 mm (WAXS/SAXS modes)

Minimum q : 0.06 nm^{-1}

Measurable characteristic length : $\sim 1 - 100 \text{ nm}$

Sample type : Powder / solid / liquid / fiber

Sample environment : In air

Beamline status : Operational

ระบบลำเลียงแสงที่ 2.2 : เทคนิคการดูดกลืนรังสีเอกซ์แบบ Time Resolved (Time Resolved X-ray Absorption Spectroscopy : TRXAS)

เป็นเทคนิคการดูดกลืนรังสีเอกซ์ที่ใช้ศึกษาโครงสร้างระดับอะตอม ติดตามการเปลี่ยนแปลงของตัวอย่างภายใต้อิทธิพลของสภาวะแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความดัน แก๊ส กระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ไฟฟ้า ที่เปลี่ยนแปลงไป ณ เวลาใดๆ ซึ่งเทคนิคดังกล่าวสามารถนำไปพัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาเซลล์เชื้อเพลิงต่างๆ เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ และแบตเตอรี่ เป็นต้น

ข้อมูลทางเทคนิค

Electron energy : 1.2 eV

Operational photon energy : 2.4-12 keV

Crystal : Si (111) size 250 x 25 x 1 mm³

Detector : NMOS linear image sensor (1,024 pixels, Hamamatsu)

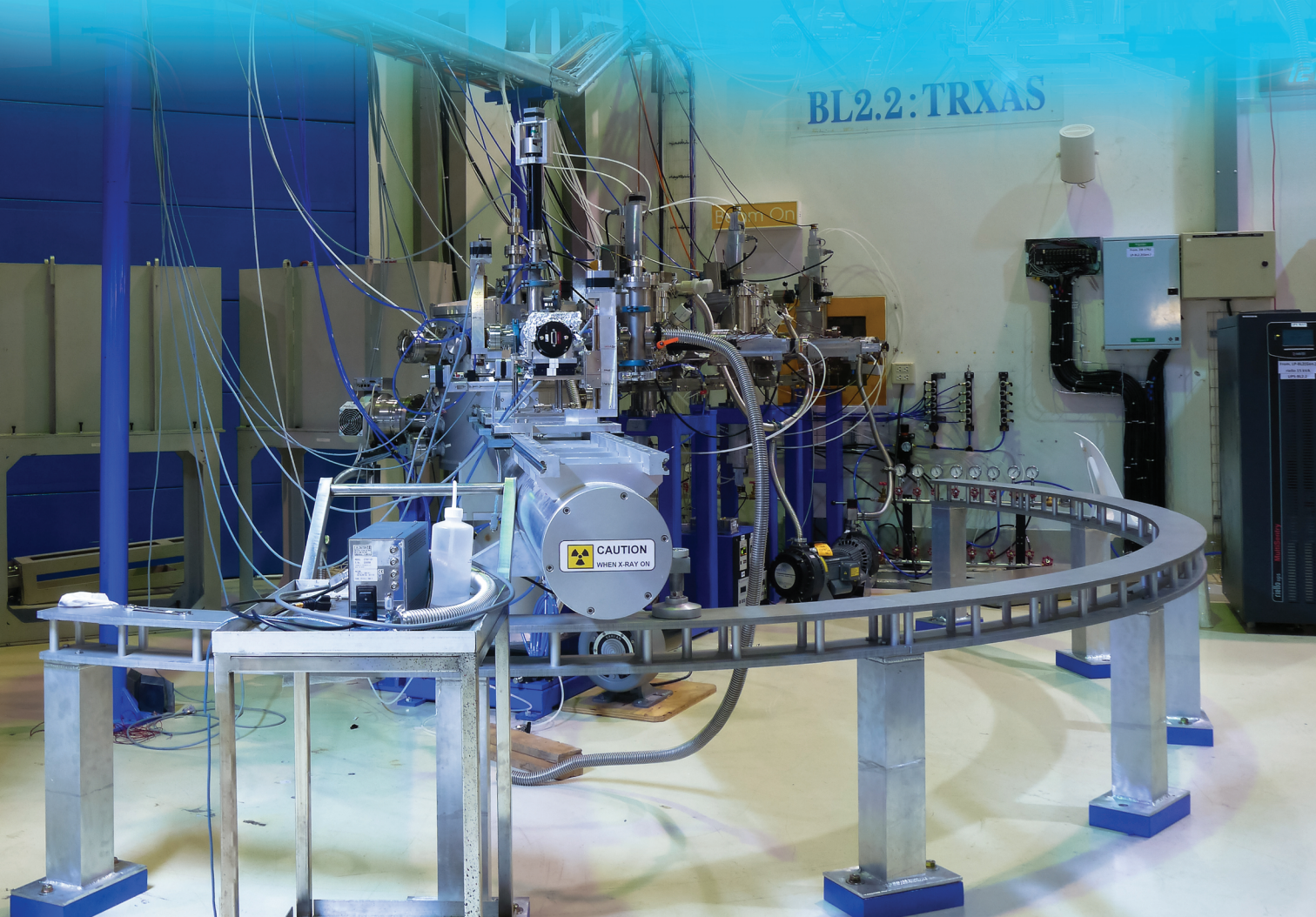
Measurement mode : transmission

Sample form : solid, liquid

Element can be measured

● K edge ● M5 edge ● L3 edge

1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A
1 H 1.0079	2 He 4.0026						
3 Li 6.941	4 Be 9.0094	5 B 10.811	6 C 12.011	7 N 14.0064	8 O 15.9994	9 F 18.9984	10 Ne 20.1798
11 Na 22.989769	12 Mg 24.304	13 Al 26.9815385	14 Si 28.0855836	15 P 30.973761998	16 S 32.06	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948
19 K 39.0983	20 Ca 40.078	21 Sc 44.955912	22 Ti 47.867	23 V 50.9415	24 Cr 51.9961	25 Mn 54.938045	26 Fe 55.845
27 Co 58.933194	28 Ni 58.6934	29 Cu 63.546	30 Zn 65.38	31 Ga 69.723	32 Ge 72.64	33 As 74.9216	34 Se 78.96
35 Br 79.904	36 Kr 83.798	37 Rb 85.4678	38 Sr 87.62	39 Y 88.90584	40 Zr 91.224	41 Nb 92.90638	42 Mo 95.94
43 Tc 98.90625	44 Ru 101.07	45 Rh 102.9055	46 Pd 106.90558	47 Ag 107.8682	48 Cd 112.411	49 In 114.818	50 Sn 118.710
51 Sb 121.757	52 Te 127.603	53 I 126.90547	54 Xe 131.29	55 Cs 132.90545196	56 Ba 137.327	57 La 138.90471	58 Ce 140.12
59 Pr 140.90765	60 Nd 144.242	61 Pm 144.9126	62 Sm 150.36	63 Eu 151.964	64 Gd 157.254	65 Tb 158.92532	66 Dy 162.50014
67 Ho 164.93032	68 Er 167.259	69 Tm 168.93274	70 Yb 173.05468	71 Lu 174.967	72 Hf 178.49	73 Ta 180.94788	74 W 183.84
75 Re 186.207	76 Os 190.23	77 Ir 192.222	78 Pt 195.083	79 Au 196.966569	80 Hg 200.59	81 Tl 204.3833	82 Pb 207.2
83 Bi 208.9803987	84 Po 209	85 At 210	86 Rn 222	87 Fr 223	88 Ra 226	89 Ac 227	90 Th 232.0377
91 Pa 231.036887	92 U 238.02891	93 Np 237.048173	94 Pu 244.06422	95 Am 243.061381	96 Cm 247.070351	97 Bk 247.071289	98 Cf 251.079588
99 Es 252.083	100 Fm 257.10528	101 Md 258.10	102 No 259.10874	103 Lr 260.10534	104 105 106 107 108 109	110 111 112 113 114 115 116 117 118	119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130



ระบบลำแสงที่ 3.2Ua : เทคนิคโฟโตอิมิชชันสเปกโทรสโกปี (Photoemission Electron Spectroscopy : PES)

เป็นเทคนิคที่ใช้ในการศึกษาชนิดของธาตุที่เจือปนอยู่ในวัสดุ และคุณสมบัติทางเคมี เช่น สถานะออกซิเดชันของธาตุ โดยการวัดพลังงานของอิเล็กตรอนที่หลุดออกมาจากวัสดุเมื่อกระตุ้นด้วยแสงซินโครตรอน

ข้อมูลทางเทคนิค

Photon sources

Synchrotron from the undulator U60 (VLSPGM) Photon energy: 40 -160, 220-1,040 eV

Resolving power: 10,000@flux 1×10^{10} phs.

Beam size: 0.3 mm (H) x 0.1 mm(V)

He UV discharged lamp (Hel: 21.22 and Hell: 40.8 eV)

Beam size: 1 mm (H) x 1 mm(V)

Operating pressure: 10^{-8} mbar

PES Modes of operation

Angle-resolved/integral PES (ARUPS10/ALPHA110)

Auger electron spectroscopy (AES: <5keV; $\varnothing$ <0.1mm)

Low-energy electron diffraction (LEED)

Molecular beam epitaxy (MBE)

Reflected high-energy electron diffraction (RHEED)

Surface magneto-optic Kerr effect (SMOKE)

in-situ surface treatment

Ar ion sputtering (<3keV)

Annealing (-120 ~ 1,000 °C)

UHP gas exposure (Ar, He, O₂, N₂)

XPS: Soft x-ray PES

Angle-integral PES (CLAM2)

Absorption spectroscopy in total yield mode

in-situ surface treatment: Ar ion sputtering (<3keV)

Beam size: 3.7 mm (H) x 0.8 mm(V)

Sample holder: 20 mm x 30 mm

XAS: Soft x-ray absorption

Electron yield & channeltron yield modes

Sample holder: 20 mm x 20 mm

Sample requirements

Preferably electrically conductive

Sample size < 8mm x 8mm x 1mm for ARPES,

inorganic & organic MBE, in-situ treatments

ระบบลำเลียงแสงที่ 3.2Ub: เทคนิคการถ่ายภาพจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบโฟโตอีมิสชัน (Photoemission Electron Microscopy : PEEM)

เป็นเทคนิคสำหรับวิเคราะห์โครงสร้างพื้นผิวของตัวอย่าง โดยการถ่ายภาพจากอิเล็กตรอนที่ปลดปล่อยออกจากตัวอย่างเมื่อแสงซินโครตรอนตกกระทบ และสามารถเลือกภาพถ่ายเฉพาะบริเวณที่สนใจ โดยมีความละเอียดระดับนาโนเมตร ในการศึกษาคุณสมบัติโครงสร้างระดับอะตอมและคุณสมบัติทางเคมีบนพื้นผิวบริเวณดังกล่าว ตัวอย่างเช่น การศึกษาปัญหาการเกิดลายไม้ (wood grain) ในเหล็กรีดร้อน และการศึกษาพฤติกรรมการกัดกร่อนของชั้นเคลือบบนโลหะ เป็นต้น

ข้อมูลทางเทคนิค

Technique : Photoemission Electron Microscopy (PEEM)

Applications : Electron microscopy for surface, interface and thin-film researches.

Radiation source : U-60 undulator

Photon flux at sample : $\sim 10^{12}$ phs/s at 100 eV

Photon energy range : 40-160eV and 220-1040 eV

Monochromator type : Varied-line-spacing plane-grating monochromator

Energy bandwidth : 0.01% minimum

Model : Elmitec PEEM III

Image resolution : 30 nm

Sources : Synchrotron, Hg UV lamp, electron gun for low-energy electron microscopy (LEEM)

Samples : Must be flat and smooth, ultra-high vacuum compatible, and electrically conductive. Sample holder for flat and thin samples can heat up to $> 1500^{\circ}\text{C}$. Non-conductive samples can be coated with metal films before imaging.

Detectors : Micro-channel plate, Sensicam QE CCD camera

Analyzer : Hemispherical electron energy analyzer

Sample environment : Ultra-high vacuum. Base pressure at $\sim 10^{-10}$ torr.

Beamline status : Operational

ระบบลำเลียงแสงที่ 4.1 : เทคนิคอินฟราเรดสเปกโตรสโกปี (Infrared Spectroscopy : IR)

เป็นเทคนิคการดูดกลืนแสงในย่านรังสีอินฟราเรด เพื่อใช้วิเคราะห์ ตรวจสอบและศึกษาโครงสร้างของโมเลกุล เช่น สารชีวโมเลกุล พอลิเมอร์ นอกจากนี้ยังสามารถใช้เทคนิคกล้องจุลทรรศน์อินฟราเรดในการศึกษาสารตัวอย่างที่มีขนาดเล็ก เช่น เซลล์พืช เซลล์สัตว์ เส้นผม และเส้นใย เป็นต้น

ข้อมูลทางเทคนิค

Photon Energy range : Between 0.0124-0.496 eV

Wavelength : 1-100 microns

Source : Edge and Bending Magnet Radiation Horizontal 87 mrad x Vertical 25 mrad

Optics : Combination of flat, cylindrical and spherical mirrors. Beam divided to feed up to 3 IR spectrometers

Flux @ 1st optical element : 3.11×10^{13} Photons/s/0.1% bw @ 10 μm for 100 mA stored current

Polarization : Both linearly (bending magnet emission) and radially polarized (edge radiation)

Beam size@sample : at diffraction limit ($\sim 5 \times 5 \mu\text{m}^2$)

Flux on sample : 1st Branch: $\sim 7.05^{12}$ Photons/s/0.1% bw

2nd Branch: $\sim 7.00^{12}$ Photons/s/0.1% bw

3rd Branch: $\sim 5.95^{12}$ Photons/s/0.1% bw

before entrance to the interferometer

Mode of measurement : Reflection, Transmission, Transflection

Equipments

Spectrometer : Vertex 70 spectrometer

Microscope : Hyperion 2000 microscope

Detector : 250 micron MCT

Objective : 15X Schwarzschild Objective

36X Schwarzschild Objective

ATR Objective

Grazing Angle Incidence Objective

Accessories :

-- Fluorescence accessory for Hyperion 2,000, Mercury arc source, power supply, mechanical and optical adaptation of lamp housing. Filter set for fluorescence observation with excitation filter and beam splitter (excitation 420-490 nm, observation 520-1,100 nm, dichroic beam splitter 505 nm)

-- Heating stage (up to 150 °C)

Softwares : Opus 7.0®

Unscrambler X®

Cytospec 2.0®

ระบบลำเลียงแสงที่ BL5.2: เทคนิคการดูดกลืนรังสีเอกซ์ (มทส. - นาโนเทค - สช.) (SUT-NANOTEC-SLRI XAS Beamline)

ระบบลำเลียงแสงนี้เป็นสถานที่ร่วมวิจัยระหว่างมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ และสถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (มทส. - นาโนเทค - สช.) เป็นเทคนิคการดูดกลืนรังสีเอกซ์ สำหรับการศึกษาโครงสร้างสสารในระดับอะตอม สามารถวิเคราะห์สถานะทางเคมี และโครงสร้างโดยรอบของอะตอมที่สนใจได้ ไม่ว่าจะเป็นความยาวพันธะ ลักษณะการจัดเรียงตัว หรือชนิดของอะตอมรอบข้าง เทคนิคนี้ไม่ทำลายสารตัวอย่างและสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยได้หลายสาขา เช่น วัสดุศาสตร์ ชีววิทยา สิ่งแวดล้อม และโบราณคดี โดยสามารถวิเคราะห์สารตัวอย่างได้ทั้งในสภาวะของแข็งและของเหลว

ข้อมูลทางเทคนิค

Energy range : 1380 eV-12100 eV

Crystal type : InSb(111) และ Ge(220)

Beam size at the sample : 13 mm (width) × 1 mm (height) (Transmission mode)
20 mm (width) × 1 mm (height) (Fluorescence mode)

Flux : 10^8 - 10^{10} photons/sec at 100 mA

Energy resolution : 2×10^{-4}

Experimental Setup : Transmission mode with Ion chambers

Fluorescence mode with 4 element S^o drift detector

Supported *in-situ* cell : heating cell (Transmission mode and Fluorescence mode)

Sample conditions : solids and liquids



ระบบลำเลียงแสงที่ 6a : เทคนิคการอาบรังสีเอกซ์สำหรับการประดิษฐ์โครงสร้างจุลภาคและการอาบรังสีเอกซ์ลงบนวัสดุ (Deep X-ray Lithography : DXL)

เป็นเทคนิคการอาบรังสีเอกซ์ เพื่อการผลิตชิ้นส่วนจุลภาคสามมิติระดับไมโครเมตร (1 ใน 1,000 มิลลิเมตร) เทคนิคนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมด้านต่างๆ เช่น ชิ้นส่วนจักรกลขนาดเล็ก เฟืองนาฬิกา เซนเซอร์ และแม่พิมพ์จุลภาค รวมถึงการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของวัสดุ เมื่อได้รับรังสีเอกซ์ (white beam)

ข้อมูลทางเทคนิค

Energy range : 2 keV - 8 keV

Source - to - sample distance : 17.99 m

Beam size at the sample : H : 79 mm, V : 15 mm

Vertical scanning length of sample : 120 mm

Exposure area : Up to ϕ 76 mm or square 76 mm x 76 mm

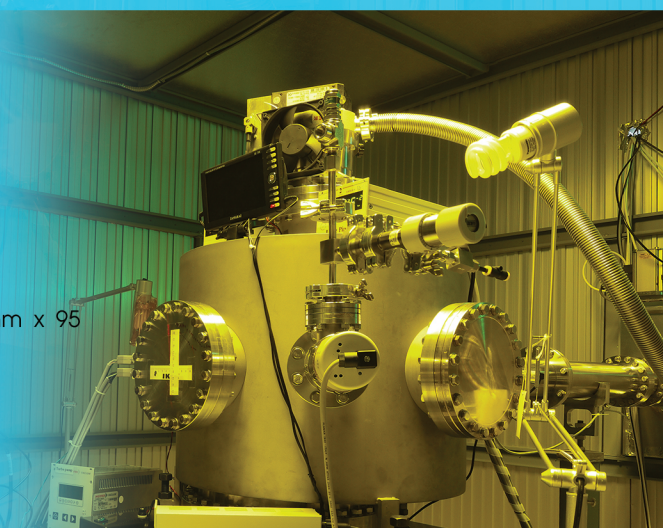
Mark - substrate size : Up to circular ϕ 95 mm or square 95 mm x 95

Photoresist thickness : 1 -1300 μ m for SU - 8

1 -500 μ m for PMMA

Mark - resist rotation : $\pm 60^\circ$

Scanning Speed (vertical scanning) : 2.87 mm/s



ระบบลำแสงที่ 6b : เทคนิคการสร้างภาพการเรืองรังสีเอกซ์ (micro X-ray Fluorescence Spectroscopy/Imaging : μ -XRF)

เป็นเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ เพื่อใช้ตรวจสอบและติดตามองค์ประกอบของธาตุในระดับอะตอม เช่น หิน โลหะ หรือ ตัวอย่างของสิ่งมีชีวิต เช่น ใบไม้ ต้นไม้ เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถศึกษาการกระจายตัวของธาตุต่างๆ ได้โดยการสร้างภาพการเรืองรังสีเอกซ์

ข้อมูลทางเทคนิค

Technique : Micro X-ray Fluorescence Spectroscopy/Imaging

Photo energy : 2 –10 keV (white beam)

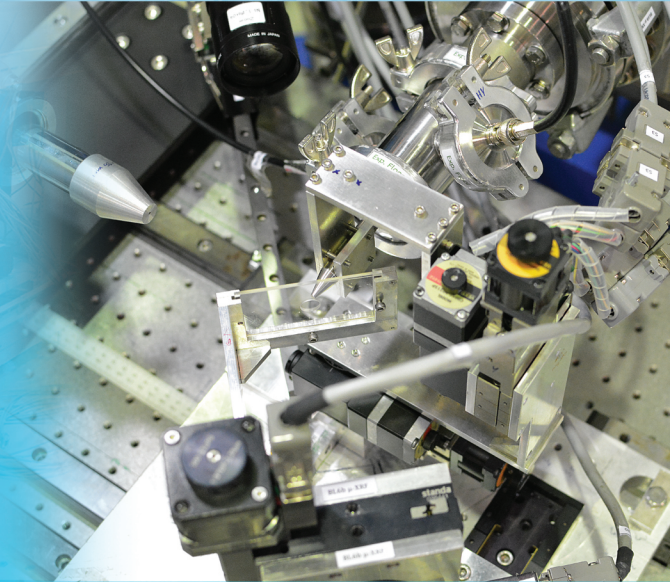
Sample : ของแข็ง, ผง, ตัวอย่างมีชีวิต เช่น ใบไม้

Beam Size : $30 \times 50 \mu\text{m}^2$

Detector : Si(PIN) detector with energy resolution of 160 eV

Sample environment : อากาศ

Silicon drift detector 139 eV



ระบบลำแสงที่ 7.2W : เทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์สำหรับผลึกโมเลกุลขนาดใหญ่ (Macromolecule Crystallography : MX)

เป็นเทคนิคที่ใช้หาโครงสร้างสามมิติของโปรตีนและโมเลกุลที่เกี่ยวข้อง เช่น เอนไซม์ วัคซีน โคเอนไซม์ โคแฟกเตอร์ กรดนิวคลีอิก เป็นต้น เพื่อศึกษาถึงกลไกการทำงานของสารตัวอย่าง ซึ่งมีประโยชน์ทางด้านวิทยาศาสตร์ประยุกต์และวิทยาศาสตร์การแพทย์ เช่น การปรับปรุงคุณสมบัติการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เชื่อก่อโรค ใช้ในการดำรงชีวิต เป็นต้น

ข้อมูลทางเทคนิค

Technique : Macromolecule Crystallography

Radiation source : superconducting wavelength shifter

Photon energy : 12.7 keV

Flux : 1×10^9 photon/second at 100 mA

Sample : Protein crystals

End-station : mardtb single-axis goniometer system

Cryogenic system : 100K with Oxford Cryosystems: 700 series
cryostream nitrogen cooler

Detector : marCCD with 165 mm in diameter ($21,000 \text{ mm}^2$)

Crystal-to-detector distance : Up to 390 mm



ระบบลำเลียงแสงที่ 8 : เทคนิคการดูดกลืนรังสีเอกซ์ (X-ray Absorption Spectroscopy : XAS)

เป็นเทคนิคการดูดกลืนรังสีเอกซ์ สำหรับการศึกษาชนิดของธาตุ และสารประกอบ รวมถึงการจัดเรียงตัวของอะตอมรอบๆ อะตอมของธาตุที่สนใจ นอกจากนั้นยังใช้ในการระบุสถานะออกซิเดชันของธาตุ ศึกษาลักษณะพันธะเคมีสมมาตร โคออดิเนชัน เป็นต้น ตัวอย่างงานวิจัยที่สามารถทำได้ ณ ระบบลำเลียงแสงนี้ เช่น การศึกษาโครงสร้างอะตอมของธาตุทรานสิชันในเซรามิกส์ไฟฟ้า สารเร่งปฏิกิริยา สารกึ่งตัวนำ เซลล์เชื้อเพลิง อัญมณี และวัตถุโบราณ รวมถึงกลุ่มธาตุแคลเซียม ชัลเฟอร์ ในผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ และฟอสฟอรัสในดิน เป็นต้น

ข้อมูลทางเทคนิค

Technique : X-ray absorption spectroscopy (XANES and EXAFS)

Research area : Chemical and structural analyses

Energy range : 1.25 keV to 10 keV

Source type : bending magnet

Beam size : 10 mm (h) x 1 mm (v)

Flux at sample : 1×10^8 to 1×10^{11} photons/s.100mA

Energy resolution : 1×10^{-4} to 3×10^{-4}

Beamline status : Operational



วิธีการขอเข้าใช้แสงซินโครตรอน

- รายละเอียดศึกษาได้ที่เว็บไซต์ www.slri.or.th ในเมนู “ขอใช้แสง”
- ยื่นข้อเสนอโครงการมาที่ <http://beamapp.slri.or.th/>

กระบวนการประเมินข้อเสนอโครงการขอเข้าใช้แสงซินโครตรอน (Beamtime Allocation Procedure)



ส่วนงานบริการผู้ใช้ โทรศัพท์: 044-217040 ต่อ 1603–1605 E-mail: useroffice@slri.or.th

การอบรมเชิงปฏิบัติการ สำหรับผู้ให้บริการแสงซินโครตรอน

การดำเนินการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการสำหรับผู้ให้บริการแสงซินโครตรอนทางสถาบันวิจัยแสงซินโครตรอนมีการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการต่างๆ สำหรับผู้ให้บริการแสงซินโครตรอนอย่างต่อเนื่อง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

การอบรม Users Experimental Training

เป็นการจัดอบรมสำหรับผู้ที่จะเข้ามาใช้บริการแสงซินโครตรอนใหม่ เพื่อเป็นการปูพื้นฐานสำหรับการเข้ามาใช้ในเทคนิคต่างๆ โดยผู้ที่เป็นวิทยากรจะเป็นกลุ่มนักวิจัยในแต่ละสถานีย ทดลองที่เปิดการอบรมและผู้เชี่ยวชาญในเทคนิคที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะเปิดอบรม 2 ช่วงคือ เดือนมกราคม และ ช่วงเดือนสิงหาคม ของทุกปี



การอบรม ASEAN Workshop

เป็นการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อการพัฒนาศักยภาพผู้ให้บริการ และเพื่อให้เกิดความร่วมมือระหว่างนักวิจัย อาจารย์ จากทั้งภาครัฐและเอกชน ในระดับนานาชาติ ทั้งนี้จะเป็นการเสริมสร้างความเข้มแข็งของกลุ่มผู้ใช้ประโยชน์แสงซินโครตรอนอีกด้วย โดยการจัดอบรมดังกล่าวจะมีการเชิญวิทยากร/ผู้เชี่ยวชาญจากต่างประเทศมาให้ความรู้ และเทคนิคใหม่ๆ สำหรับผู้ที่เคยใช้บริการแสงซินโครตรอนมาแล้ว



การอบรมเชิงปฏิบัติการพื้นฐาน ความรู้เกี่ยวกับแสงซินโครตรอน

ค่ายลำแสงแห่งอนาคต : เป็นการจัดกิจกรรมร่วมกับวิชาการดอทคอม โดยเปิดรับสมัครนักเรียนมัธยมปลายจากทั่วประเทศ เข้าร่วมกิจกรรมเป็นเวลา 3 วัน



ค่ายซินโครตรอนอาเซียน : เป็นค่ายสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 - 4 ปริญญาโท และปริญญาเอก ที่มีความสนใจด้านแสงซินโครตรอน โดยเป็นการปูพื้นฐานด้านแสงซินโครตรอน และมีการแยกกลุ่มทำปฏิบัติการจริงในแต่ละเทคนิคตามความสนใจของผู้เข้าร่วมระยะเวลาของการทำกิจกรรมทั้งหมด 5 วัน

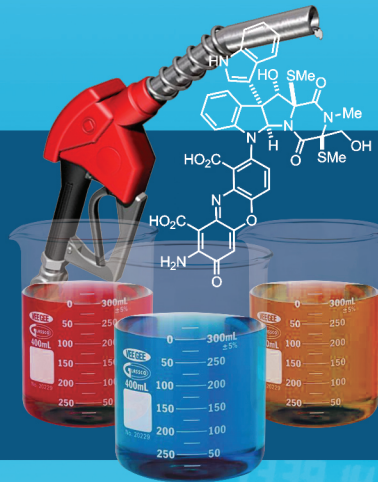


ค่ายครูวิทยาศาสตร์ : เป็นการจัดกิจกรรมสำหรับครูวิทยาศาสตร์ เพื่อเผยแพร่ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะด้านเทคโนโลยีแสงซินโครตรอนสู่ครู เพื่อถ่ายทอดความรู้และ ประสบการณ์ต่อเยาวชนต่อไป ระยะเวลาของการทำกิจกรรมทั้งหมด 5 วัน



รายละเอียดกิจกรรมต่างๆ ของสถาบันฯ สามารถค้นหาได้ที่ www.slri.or.th, [f :SLRI.THAILAND](https://www.facebook.com/SLRI.THAILAND)

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ และเป็นประโยชน์ต่อเศรษฐกิจและสังคม

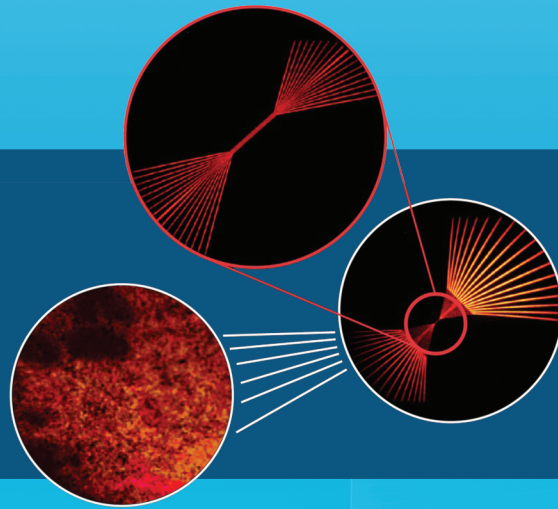


การพัฒนาผลิตภัณฑ์พลาสติกจากการศึกษา โครงสร้างผลึกของพอลิเมอร์โดยแสงซินโครตรอน

การศึกษาโครงสร้างผลึกของชิ้นงานพอลิโพรไพลีนที่ขึ้นรูป ด้วยวิธีการฉีด ของคณะวิจัยของบริษัทไทยโพลิเอทีลีนจำกัด ในเครือ บริษัท เอสซีจี เคมิคอลส์ ด้วยเทคนิคการกระเจิง รังสีเอกซ์มุมเล็ก (Small Angle X-ray Scattering: SAXS) ณ สถานีทดลองที่ 1.3W ผลการทดลองบ่งชี้ให้เห็นว่าการ ขึ้นรูปชิ้นงานด้วยวิธีการฉีด ทำให้ส่วนที่เป็นผลึกของพอลิ โพรไพลีนมีการวางตัวอย่างเป็นระเบียบตามทิศทางของการ ฉีด และแสดงแบบจำลองการเรียงตัวของสายโซ่พอลิโพรไพลีน ที่มีการพับทบกันไปมาจนเกิดเป็นชั้นของเส้นใย (lamellar fibril) ชั้นของเส้นใยเหล่านี้คือส่วนที่เป็นผลึกของพอลิโพรไพลีน ที่มีการซ้อนทับจนเกิดเป็นโครงสร้างที่มีการเรียงตัวอย่างเป็น ระเบียบในทิศทางเดียวกันกับทิศทางการฉีดสารขึ้นรูป ชิ้นงาน จึงสามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างผลึก และสมบัติเชิงกลของพอลิโพรไพลีน เช่น ความสามารถในการ ทนแรงกระแทก (impact resistance) และมอดูลัส การดัดงอ (flexural modulus) รวมไปถึงสถานะต่างๆของ กระบวนการผลิต ซึ่งสามารถนำไปปรับปรุงและพัฒนา ผลิตภัณฑ์พลาสติกในอุตสาหกรรมได้

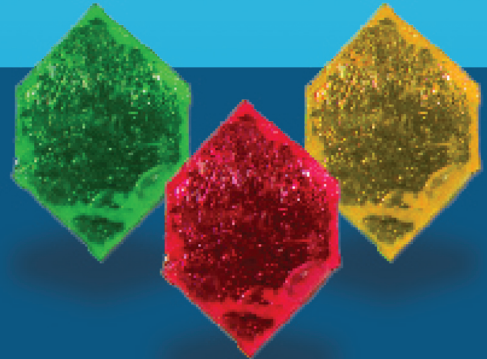
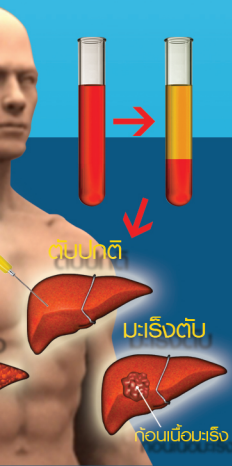
การศึกษาตัวเร่งปฏิกิริยาโคบอลต์ที่มีรูทึบเนียนและ เซอร์โคเนียมเป็นโปรโมเตอร์ สำหรับปฏิกิริยา ฟิชเชอร์-โทรปช์ เพื่อผลิตเชื้อเพลิงสังเคราะห์จาก แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และไฮโดรเจน

กลุ่มนักวิจัยจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และสถาบันวิจัย แสงซินโครตรอน(องค์การมหาชน) ได้ร่วมทำการศึกษาตัว เร่งปฏิกิริยาโคบอลต์ที่เจือโลหะรูทึบเนียนและเซอร์โคเนียม ออกไซด์บนซิลิกาในปฏิกิริยาฟิชเชอร์-โทรปช์ ซึ่งเป็นปฏิกิริยา ที่สำคัญในการผลิตเชื้อเพลิงสังเคราะห์ โดยเทคนิค XANES ที่ระบบลำแสง TRXAS ณ สถานีทดลองที่ 2.2 ผลการ ศึกษาพบว่าที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียสสามารถลดรูป Co_3O_4 เป็นโลหะโคบอลต์ (Co) ได้ โดยกลไกการรีดักชัน เกิดผ่านโคบอลต์ที่อยู่ในรูป CoO อีกทั้งสามารถบอกได้ว่า รูทึบเนียนและเซอร์โคเนียมออกไซด์นั้น ส่งผลต่อความ สามารถในการรีดักชันของตัวเร่งปฏิกิริยาโคบอลต์ โดยทำให้ ตัวเร่งปฏิกิริยานั้นมีความสามารถในการรีดักชันดีขึ้น ซึ่งจะ ทำให้ตัวเร่งปฏิกิริยาโคบอลต์พัฒนาไปเป็นชนิดที่ว่องไว มากขึ้น ในกระบวนการปฏิกิริยาฟิชเชอร์-โทรปช์ ข้อมูลที่ได้ จากการวัดด้วยเทคนิค XANES ดำเนินงานที่ระบบลำแสง TRXAS จึงเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการพัฒนาตัวเร่ง ปฏิกิริยาสำหรับกระบวนการฟิชเชอร์โทรปช์ นับเป็นกระบวน การหนึ่งที่สำคัญของการผลิตเชื้อเพลิงสังเคราะห์



การตรวจวินิจฉัยความผิดปกติโรคตับ สามารถทำการตรวจได้ง่ายทางด้านสารเคมีที่มีอยู่ ประยุกต์ใช้เทคนิค FTIR microspectroscopy ที่ BL 4.1 จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการวิเคราะห์และจำแนกความผิดปกติของโรคตับได้ ผลการทดลองของผู้ป่วยโรคตับสามารถแสดงสเปกตรัมจากซีรัมของผู้ป่วยโรคตับได้ในระดับความถูกต้อง 96 % พฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงไปจากปกติที่ต่ำลงด้วย การวิเคราะห์ด้วย FTIR spectroscopy ถึงใช้เวลาในการวิเคราะห์สั้นลงและไม่ยุ่งยาก ตัวอย่างไม่จำเป็นต้องใช้สารเคมี ซึ่งถือเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการวินิจฉัยและรักษาผู้ป่วย

รต่างๆและเป็นประโยชน์ต่อเศรษฐกิจและสังคม



Spectroscopy ในการ รับจากผู้ป่วยที่เป็นโรค

ปกติที่เกิดจากการพัฒนาในการ
วิจัยได้หลายวิธีซึ่งมีค่า
ค่าสูงและใช้เวลานาน การ
spectroscopy ณ สถานี
หนึ่งแนวทางที่นำมาใช้ในการ
ปกติของผู้ป่วยที่เป็นโรค
พบว่าสเปกตรัมจากซีรัมของ
แยกความแตกต่างออกจาก
ระดับแข็งและซีรัมของคนปกติ
โดยพบว่ามีความถี่โครงสร้าง
เดิม อีกทั้งยังมีปริมาณไขมัน
เทคนิคนี้มีต้นทุนต่ำ รวมไปถึง
ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง
ต้องผ่านกระบวนการการใช้
เลือกที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ
โรคมะเร็งตับในขนาด

ชุดแสดงผลอักษเบอร์ล 20 เซลล์ สำหรับผู้พิการ ทางสายตา

สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน) พัฒนา
คิดค้น“ชุดแสดงผลอักษเบอร์ล 20 เซลล์” ด้วยเทคนิค Deep
X-ray Lithography (DXL) ณ สถานีทดลองที่ 6a ซึ่งมี
อำนาจทะลุทะลวงสูงมาใช้ในการผลิตชิ้นส่วนของตัวแสดงผล
อักษเบอร์ล ทำให้ได้ชิ้นงานมีความคมชัดและแม่นยำสูง
จึงสามารถผลิตชิ้นส่วนของเครื่องได้ โดยชุดอักษเบอร์ล
ที่ผลิตขึ้นมานี้จะมีโปรแกรมเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อ
แปลงอักษปกติให้เป็นอักษเบอร์ลและจะปรากฏบนเครื่อง
แสดงผลอักษเบอร์ล เมื่อผู้พิการทางสายตาสัมผัสที่แถว
อักษเบอร์ลบนเครื่องจะสามารถอ่านข้อความที่ป้อนผ่าน
คอมพิวเตอร์ได้ เพื่อให้คนตาบอดใช้อ่านข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์
บนจอคอมพิวเตอร์ได้อย่างสะดวกรวดเร็ว แม่นยำ ทั้งนี้การ
ที่ทางสถาบันฯสามารถผลิตชุดแสดงผลอักษเบอร์ลเป็น
10 เซลล์ได้นี้จะสามารถลดการนำเข้าจากต่างประเทศ ส่งผล
ให้ต้นทุนในการสร้างอุปกรณ์มีราคาถูก

การศึกษากระจกเกรียบโบราณของไทยด้วย แสงซินโครตรอน

“กระจกเกรียบ” หรือกระจกที่ใช้ประดับตกแต่งวัดพระแก้ว
ได้รับการยกย่องว่ามีเอกลักษณ์วิจิตรงดงาม แต่ในปัจจุบัน
วิธีการทำกระจกเกรียบได้หายสาบสูญไปตามกาลเวลา จึง
ส่งผลต่อการบูรณะโบราณสถานที่สำคัญของไทยให้คงทั้ง
เอกลักษณ์และความสวยงามไว้เหมือนเดิม จากการศึกษา
และวิเคราะห์ด้วย ด้วยเทคนิค X-ray absorption (XAS)
ณ สถานีทดลองที่ 8 ทำให้ทราบถึงธาตุ การจัดเรียงตัวของ
ธาตุ และองค์ประกอบที่สำคัญของกระจกเกรียบแต่ละสี
เพื่อนำไปสู่เป้าหมายสูงสุดในงานวิจัยครั้งนี้ คือ คิดค้นสูตร
และทดลองทำกระจกประดับให้มีลักษณะใกล้เคียงกับกระจก
เกรียบโบราณให้ได้มากที่สุด เพื่อใช้ในงานบูรณปฏิสังขรณ์
ได้อย่างเหมาะสมในอนาคต

SYNCHROTRON LIGHT RESEARCH INSTITUTE

ซินโครตรอน เทคโนโลยีแสงขั้นสูง สู่อุตสาหกรรมและนวัตกรรม



สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน)

Synchrotron Light Research Institute (Public Organization)

111 อาคารสิรินธรวิทยโชทัย ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

โทรศัพท์ 0-4421-7040 โทรสาร 0-4421-7047 E-mail : siampl@slri.or.th

Website : www.slri.or.th Facebook : <http://www.facebook.com/SLRI.THAILAND>

สำนักงานกรุงเทพมหานคร

75/47 อาคารโยธี ชั้น 2 กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ถนนพระราม 6

แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400

โทรศัพท์ 0-2354-3954 โทรสาร 0-2354-3955

