



Nowe możliwości charakterystyki materiałów w SOLARIS

Marcin Zając, w imieniu Zespołu SOLARIS

Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej AGH, 22.01.2021







SOLARIS – historia i status

Parametry linii pomiarowych i dostępne techniki eksperymentalne (obecnie i w przyszłości)

Przykłady badań













Akcelerator elektronów zaprojektowany pod kątem generacji promieniowania elektromagnetycznego (synchrotronowego) o unikalnych właściwościach

- Jeden synchrotron to wiele źródeł promieniowania
- Każdy synchrotron jest zbudowany wg unikalnego projektu
- Synchrotrony są różnej wielkości i mają różne konfiguracje od małych (kilkadziesiąt metrów obwodu) do bardzo dużych (km obwodu)
- Działają w trybie 24/7
- Są ośrodkami multidyscyplinarnymi umożliwiającymi pracę wielu grupom badawczym

Unikalne źródło promieniowania elektromagnetycznego

Mission:

Aby zapewnić wyjątkowe możliwości badawcze w wielu dyscyplinach dla wielu grup na raz



Synchrotron – źródło promieniowania elektromagnetycznego







Synchrotrony na świecie









Możliwości badawcze



XAFS 2018	organized by 17 International Conference on X-Ray Absorption Fine Structure 22–27.07.2018 · Kraków · Poland	PTPS Terrotron Radiation Society	in cooperation with SOLARIS NATIONAL SYNCHROTRON NATIONAL SYNCHRON NATIONAL SYNCHROTRON NATIONAL SYNCHRON
► M	aterials science and energy-related materials	•	Magnetism
► Ca	atalysis	Þ	Soft matter
► Ra	adioactive and nuclear materials	•	X-ray scattering, electron spectroscopy, photon-in & photo-out spectroscopy
▶ Lif	fe science, biology, biochemistry and medicine		Theoretical methods
► Ea	orth and environmental sciences	,	Software, data analysis
Cu	ıltural heritage		New methods and combination of techniques
► At	oms and molecules	•	Spectroscopies at XFEL sources, time-resolved and ultrafast techniques
► Na	anotechnology Irfaces and interfaces		X-ray microscopy and tomography
		•	Instrumentation, new sources and new beamlines



Scenariusze reakcji z układem





- ✓ Badanie w skali atomowej:
 - Struktury materii,
 - Skladu atomowego i molekularnego,
- ✓ Inżynieria atomowa i molekularna
- ✓ Sterowanie procesami i reakcjami







Zastosowanie promieniowania synchrotronowego

Promieniowania synchrotronowe => nowe możliwości badawcze

Dziedziny Badań:

- Fizyka
- Chemia
- > Biologia
- > Geologia
- > Mineralogia
- Środowisko naturalne
- Inżynieria materiałów
- > Medycyna
- > Archeologia
- Historia sztuki
- ➢ w przemyśle
 - ✓ półprzewodnikowym
 - ✓ Farmaceutycznym
 - ✓ spożywczym

✓ ……

Metody badawcze:

Obrazowanie:

- transmisja, absorbcja
- fluorescencja

Spektroskopia:

Widma absorpcyjne Widma emisyjne

- Electrony
- Jony
- Fotony

Dyfrakcja i rozproszenie

Dyfraktogramy => struktura próbki

Mikroskopia:

Mikroskopia spektralna (absorbcja, emisja) Obrazowanie wysokiej rozdzielczości





HISTORIA SOLARIS W SKRÓCIE

- Ponad 300 polskich użytkowników promieniowania synchrotronowego (od 1985)
- Polskie Towarzystwo Promieniowania Synchrotronowego (maj 1991)
- Konsorcjum Polski Synchrotron 36 uczelni i instytutów (21 kwietnia 2008)
 - ==→ Wieloletnia historia starań grup inicjatywnych o synchrotron w Polsce
- Poparcie władz UJ CHI
- 2009 dostępne 40 MEUR = → POIG
 SSRL/LCLS



EUROPEAN UNION EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND



IFEL MSRF Photon Facto

- Burza mózgów czy realne jest zbudowanie synchrotronu z takim budżetem
 - ✓ Korelacja z projektem MAX-IV w Lund
 - ✓ Nowy ośrodek MAX-IV 2 synchrotrony: 3 GeV, 1.5 GeV, 96 m
 - ✓ Decyzja władz MAX-lab i LU => przekazanie SOLARIS projektu synchrotronu 1.5 GeV
- Planned / Under co Rewolucyjna, nowa technologia magnesów zintegrowane podwójne achromaty
 Second generation
- Third generakwiecień 2010 podpisanie umowy UJ-MNiSW
 FEL

==→ - kwiecień 2010 – podpisanie umowy UJ-MNiSW

== > 2015 projekt zakończony o czasie





1.5 GeV synchrotron



1.5 GeV synchrotron
12 DBA Cells – 96 m obwód
Miejsce na urządzenia wstawkowe
10 x ~ 3.5 m
100 MHz RF system
300 MHz wnęki Landau'a
Injection dipole kicker
Ramping
Max prąd: 500 mA
Emitancja: 6 nmrad

600 MeV Liniak



600 MeV Liniak RF Termiczne działo elektronowe 6 struktur (w 3 zestawach) Przyspieszenie 20 MeV/m S-band – 2998.5 MHz 3 zestawy RF : - ScandiNova modulatory K2

- Klistrony Toshiba
- Wnęki SLED







GREEN FIELD PROJECT

ZADANIA

- budynek
- akcelerator liniowy
- synchrotron
- dwie linie eksperymentalne
- ZESPÓŁ



Parametry źródeł w SOLARIS



Spectrum	Spectrum Energy		Source		
IR - UV	0.0012 eV – 120 eV	1 mm – 10 nm	Bending magnet		
Soft X-rays	120 eV – 4000 eV	10 nm – 0.3 nm	Bending magnet, undulator		
Hard X-rays	Above 4 keV	Less than 0.3 nm	Bending magnet, wiggler, in-vacuum undulator		



Storage Ring Parameter	Value		
Energy	1.5 GeV		
Current	500 mA		
Circumference	96 m		
Horizontal emittance (bare lattice)	5.98 nm rad		
Coupling	1%		
Tunes Q _x , Q _y	11.22, 3.15		
Overall Lifetime	13 hrs		
Magnetic field of bending magnet	1.31 T		

.





✓ Status SOLARIS:

- SOLARIS działa w ramach struktur Uniwersytetu Jagiellońskiego lecz z osobnym budżetem i autonomią w obszarze przydzielania czasu badawczego
- o Badania są bezpłatne

✓ Status systemu akceleratorów

Regularny tryb pracy
 Zakładane parametry osiągnięte: 500 mA @ 1.5 GeV
 Liniac – 540 MeV
 Regularne napełnienia: 400 mA @ 1.5 GeV
 2 napełnienia / 24 h – z obsługą źródła – 16 h/dobę

✓ Status linii eksperymentalnych:

- **PEEM/XAS, UARPES** udostępnione dla użytkowników zewnętrznych od października 2018
- Cryo-TEM 300 kV Titan Krios G3i dostępny dla użytkowników zewnętrznych
- PHELIX pomiary od czerwca 2021, stacja STXM od marca 2022, SOLABS od marca 2022





Solaris działa 6 dni w tygodniu.

Solaris pracuje dla Użytkowników: 3 zmiany pomiarowe dziennie, 5 dni w tygodniu (Wtorek rano – Niedziela rano) W 2019 było zaplanowanych 1824 h dla Użytkowników. W 2020 liczba ta wzrosła do 3192 h.





SOLARIS dziś i jutro







Linia 04BM (PEEM/XAS)





Photon energy range : 150 – 2000 eV

Energy resolution: not worse than 2.5×10^{-4}

Beam size in the sample position (H x V): 200 x 50 μ m² for PEEM and

- 2.5 x 2.5 mm² for X-ray absorption spectroscopy (XAS) chamber
- Polarization: Linear (horizontal) and elliptical

Photon flux at sample: 10⁹-10¹⁰ [ph / (s*0.1 A)]

http://www.synchrotron.uj.edu.pl/en GB/linie-badawcze/peem-xas

Collaboration UJ (Solaris), AGH (FPACS, ACMiN), ICSC PAS



PEEM i XAS stacje pomiarowe (multichamber UHV systems)





circular and linear polarisation of light rotation of the sample





PEEM

- The Elmitec PEEM III microscope with energy analyzer (energy resolution ~300 meV), imaging with chemical and magnetic sensitivity in the UHV conditions
- Measurement sample temperature: 100-1000 K
- Sample requirements: UHV compatible; flat; conductive sample at 20 kV potential; sample should not charge under X-ray illumination)
 Sample preparation: 300-2000 K

Preparation chamber

- separate well equipped chamber for sample preparation and characterization, LEED/AES Spectrometer, broad beam ion gun (Ar); O₂ dosing;

- Metal (Fe, Co, Au, Ni) vapour sources controlled with a quartz crystal balance

XAS spectroscopy chamber

- TEY as detection mode
- The electromagnet with 200 mT magnetic field
- Measurement sample temperature: LHe cryostat (20-500 K)
- Sample holders are Omicron plate type (flag style)
- Sample requirements: UHV compatible; conductive; samples (powder and bulk); should not charge under X-ray illumination)
 Sample preparation: 100-2200 K





Linia 05ID (UARPES)

UARPES – Source quasi-periodic EPU

- by Cinel/Electra
- PGM (plane grating monochromator); 16 100 eV
 - Grating 600 l/mm
 - real working range 12-600 eV
 - Calibrated, working now
- NIM (normal incidence monochromator); 8 40 eV
 - Grating 2000 l/mm
 - Working corectly now in range 8-20eV. Finishing calibrate.
 - The signal on the gold for 20 eV is about 200 times lower than for PGM mod.
- Two sites for two aditional gratings (upgrade 2021/22)
- 20 000 resolving power within the whole range specified
- Nominal resolution around 1 meV for low end energies
- <u>numbers of photons > 5x10¹¹/s @ ultimate resolution</u>







Stacja końcowa UARPES

UARPES - Spectrometer

- Spectrometer VG SCIENTA DA-30L
- electrostatic deflector to 3D mode (kx,ky,E)
- Hemispher radius = 200 mm
- Angular dispersive modes: \pm 7°, \pm 15°
- Energy resolution better than 1.8 meV
- Angular resolution 0.1°
- Energy channels: 1000
- Angular channels: 750
- SES 1.6 with remote control
- 5-axis manipulator





DIFFRAKTOMETER MCP LEED (OCI)

- Nanoampere electron currents
 give clear LEED pattern)
- Difractograms and I(v) courves

MANIPULATOR PREVAC "5 axes"

- Remote control
- Ranges R1: 0° to 360°; R3: -45° to +15°
- Corrections for the sample thickness
- Flow cryostat LHe/LN2/heater (7-500 K)





Bardzo mały budżet projektu => tylko 2 linie badawcze

Aby w pełni wykorzystać potencjał SOLARIS potrzebne są:

- nowe linie badawcze

Odpowiedź na oczekiwania i inicjatywy zewnętrznych grup badawczych

Scientific Advisory Committee

- 1. Nils Mårtensson Uppsala University SAC Chair
- 2. Paul Dumas Synchrotron SOLEIL
- 3. Paweł Grochulski Canadian Light Source
- 4. Maya Kiskinova Sincrotrone Elettra
- 5. <u>Petra Rudolf Groningen University</u>
- rozbudowa liniaka do pełnej energii (1.5 GeV)







Linia 06ID (PHELIX)

PHELIX end-station





> EPU Apple II type undulator (KYMA)

Source:

- Photon Energy 30 (horizontal); 40 (circular); 50 (vertical);
 - 70 (linear inclined) 1500 eV
- ▶ Resolving power (RP): 10 000 or better
- \blacktriangleright Beam size at the sample position: less than 100 \times 100 μ m2
- \blacktriangleright Minimal spectral flux at sample [ph/s/0.1%B.W.]: 1×10¹³ for 50eV, 1×10¹¹ for 1500 eV at max. RP
- > cPGM with three gratings for three energy ranges: 30-300 eV, 200-1000eV and 400-1500eV







Stacja końcowa PHELIX

Available techniques





Linia 04ID ("XMCD")



				20	25	30	
Source	Elliptically polarizing undulator		(14,16) (15,1) (16,6)	E = 100-2000 eV(22,1)(22,7)	:) (24,1)	 (27,5) (30,	; m ,1) (31,1)
Polarization state	Circular left- and right-handed, linear horizontal or vertical						
Pre-focusing optics	Vertically collimating and horizontally focussing toroidal mirror	EPU source	3	Fransing mirror			
Monochromator	Plane grating monochromator (336 I/mm, 1221 I/mm, 1400 I/mm) with plane mirror.	Collimating mirror (toroidal) Plane grating monochromator	Focusing mirro (cyllindrical)	or Exit slit	station		
Focusing optics	Two vertically focussing cylindrical mirror (for PEEM and for STXM)			end statio	Focusing mirror (cyllindrical)	Focusing mirror (elliptical)	PEEM end station
Refocussing optic	One cylindrical and one elliptical mirror in KB geometry						
Energy range	100-2000 eV			Ontical lay	out of		
Energy resolution	$E/dE = 3x10^3 - 1.5x10^4$			XMCD bea	mline		
Photon flux on sample	~ 10 ¹² ph/s/0.1%bw						





XMCD: stacja pomiarowa STXM

Scanning transmission x-ray microscopy

Several groups from Poland and from abroad prepared the draft research projects for the application to Ministery

- transimission, fluorescence and ptychography modes of operation
- expected resolution of about 15 nm

first experiments begining 2021

Concept of the endstation and leadering of the project – Tolek Tyliszczak (formerly at ALS, Berkeley)









Linia 10BM (SOLABS)

SOLABS X-ray absorption spectroscopy



SIAM Photon Lab (SLRI, Korat Thailand)

The beamline is a part of a larger research project in HN

"High throughput analysis of surfaces (textiles, coatings – colors, cleaning)"

- Monochromator: Double crystal vacuum monochromator with a "fixed" exit beam (Bonn-Lemonnier monochromator)
- Energy range: Mg-K (1.3 keV) Se-K (12.66 keV)
- Energy resolution ~ 10⁻⁴ range
- 3 (4) sets of crystals (Multilayer-KAP, InSb(111), Ge(220), perhaps also Si(111) and some higher cuts)(1 cm x 4 cm)
- Techniques for XAS: transmission, fluorescence, electron yield
- Detectors: ionization chambers (3), multi-element Si-drift detector, multi-element Gedetector, electron yield detector

First experiments in 2021





POLYX - beamline for multimodal "hard" x-ray imaging (4 -18 keV)



POLYchromatic X-rays white beam or double multilayer monochromator (2-3% bandwidth)

&

POLYcapillary X-ray optics - achromatic focusing optics

will partially compensate for low-energy energy spectrum at SOLARIS bending magnet

Idea of the beamline nad leadering the project – P. Korecki JU



Linia 08BM (SOLAIR)



FTIR-based detection of micrometastasis in High and Ultra-High definition

FTIR-based identification of degradation products in paint layers

HD FT-IR





Paint cross-section



signed by Vincent

zinc palmitate/stearate cadmium oxalate

e proteinaceous material

Micro- and nano-FTIR microscopy

The IR end-station dedicated to infrared microscopy and nanospectroscopy:

- Two sets of instrumentation:
 - classical FTIR microscopy (spatial resolution up to 2 μm):
 - in the range of far- and mid-IR,
 - transmission, reflection, ATR Attenuated Total Reflectance techniques,
 - imaging option (MCT and FPA detectors)
 - sSNOM-AFM-FTIR nanospectroscopy (spatial resolution up to **30 nm**):
 - in the range of mid-IR,
 - simultaneous measurements of near-field optical images, topography and chemical properties (IR spectra).



Linia 02ID (SOLCRYS) Stacje pomiarowe XRD (PX)/SAXS





June 2018

AGREEMENT

on Cooperation in the Field of Construction and Operation of the Laboratory for Structural Research of Macromolecules and New Materials

at the SOLARIS National Synchrotron Radiation Centre

Project Leader: Maciej Kozak (UAM & SOLARIS)





The community of protein crystallographers in Poland comprises over 100 scientists

- E=1.5 GeV

PX Groups in Poland:

CBB IChB PAS Poznań, AMU Poznań, Warsaw University, TU Lodz, IIMCB Warsaw, IBB PAS Warsaw, Gdansk University, Mikołaj Kopernik University of Torun, University of Wrocław, MCB & Facuty of Chemistry Jagiellonian University, Kraków, ICSC Polish Academy of Sciences, Kraków ...

Pharma industry, high pressure XRD users etc



angle

Joint Institute for Nuclear Research

SCIENCE BRINGING NATIONS TOGETHER







The Macromolecular Crystallography sector - tunable beamline (for Muliwavelength Anomalous Diffraction - MAD)

- Wavelength range: 0.6 3.0 Å ;
- Energy resolution ~ 1 × 10⁻⁴.

Main components

- a) Vertically Collimating Mirror (Si and Rh)
- b) Cryogenically-cooled DCM operating at 5-24 keV (~0.6 3.0 Å)
- c) Vertically Focussing Mirror
- d) Transfocator for X-ray focusing (?)

Expected spot size at the sample position (without transfocator) \sim **50µm** (?).



FMB Oxford Project





The Small angle X-ray scattering sector - tunable beamline (for anomalous SAXS)

- Wavelength range: 0.75 2.0 Å ;
- Energy resolution ~ $1-2 \times 10^{-4}$ (DCM), better than 10^{-2} (DMM).
- Flux 10¹¹ ph/s (DCM), better than 10¹² ph/s (DMM)

Main components

- a) Toroidal Focussing Mirror (Si and Rh)
- b) Water-cooled DCM or DCM/DMM (preferred) (~0.75 –2.0 Å)
- c) Scatterless secondary slits (2 sets)
- d) End station

Expected beam size ~100 µm (or lower)

Expected high flux setup for bioSAXS measurements 250x250 µm



Narodowe Centrum Kriomikroskopii @ SOLARIS





۲

STRUCTURAL BIOLOGY CORE FACILITY

Detectors:

- Thermo Scientific[™] Falcon[™] 3EC Direct Electron Detector
- Gatan K3 Bioqantum
- Ceta 16M camera 300kV

Solaris – powiększenie hali eksperymentalnej

- koncepcja



JAGIELLONIAN UNIVERSITY In Krakow

10.50.9



SOLARIS

NATIONAL SYNCHROTRON RADIATION CENTRE



Solaris – powiększenie hali eksperymentalnej - koncepcja





Projekt budowlany gotowy – wniosek o pozwolenie na budowę - w rozpatrzeniu



Podsumowanie – stacje badawcze



2019 – 2 pracujące linie PEEM/XAS UARPES

2021 – 4 pracujące linie + PHELIX

CRYO EM

2022 - 6 pracujących linii XMCD (STXM @ XMCD) SOLABS (Krefeld)

2023 – 7 pracujących linii + 2 gałęzie ze stacjami pomiarowymi SOLCRYS

> Spektroskopia – 5 stacji badawczych Mikroskopy - 3 stacje badawcze Rozpraszanie/dyfrakcja – 1 linia pomiarowa





Jak zrobić badania w SOLARIS?



- Nabór wniosków na badania co 6 miesięcy
- ✓ Narzędzie do składania wniosków: Digital User Office:

https://duo.synchrotron.pl/#/login

Ranking: Międzynarodowy Komitet Ewaluacyjny

- ✓ Od marca 2020 jesteśmy w okresie pandemii COVID 19
- Niemniej SOLARIS działa i są prowadzone pomiary zachowując środki bezpieczeństwa i przestrzegając rozporządzeń





SOLARIS – współpraca międzynarodowa CERIC-ERIC



SOLARIS – od 1 marca 2016 w Konsorcjum Środkowoeuropejskiej Infrastruktury Badawczej - CERIC-ERIC

CERIC-ERIC: udostępnia różne infrastruktury badawcze w 8 krajach na zasadach wzajemności – bez opłat - często ze wsparciem merytorycznym i finansowym

Oferuje 40 różnych technik badawczych

Aplikacje do infrastruktur poprzez Virtual User Office – oceniane przez Międzynarodowy Komitet Ewaluacyjny



Central European Research Infrastructure Consortium



SZCZEGÓŁY: HTTPS://WWW.CERIC-ERIC.EU/



SOLARIS – współpraca międzynarodowa LEAPS





LEAPS: Liga Europejskich Źródeł Światła Opartych na Akceleratorach (the League of European Accelerator based-Photon Sources) to partnerstwo europejskich ośrodków synchrotronowych oraz jednostek badawczych dysponujących laserami na swobodnych elektronach. Strategia LEAPS przewiduje doskonalenie technologii stosowanych przez akceleratorowe źródła światła, a także doskonalenie technik eksperymentalnych, detektorów i systemów kontrolno-pomiarowych. LEAPS prowadzi również rozmowy dotyczące uwzględnienia potrzeb finansowych dużych infrastruktur badawczych przy tworzeniu programów projektów firmowanych przez Komisję Europejską. → www.leaps-initiative.eu







Spin Reorientation Transition in Fe/W(110)

Fe(110)





Gradmann et al., Appl. Phys. A 39, 101-108 (1985)

→ critical SRT thickness $d_c \in (40, 150 \text{ Å})$

→ $d_c \approx 250$ Å when Fe(110) is covered with 2 monolayers of bcc Co

M. Ślęzak et al., Phys. Rev. B 94 (2016) 014402



Przykład Wielowarstwy CoO / Fe / W



CoO(111) on Fe(110): MOKE results and simulations

B along [1-10], T = 183 K, cooled at $B_{ext} = 0 \rightarrow spontaneous EB$



- \rightarrow SRT in Fe(110) covered with CoO(111)
- → Spontaneous Exchange Bias in CoO(111)/Fe(110)

Looking for direct evidence of SRT in CoO



M. Ślęzak et al.; Scientific Reports 9, Article number: 889 (2019)

Przykład Wielowarstwy CoO / Fe / W





6.56.5

AGIELLONIAN UNIV<u>ersity</u>

IN KRAKOW

Direct evidence of SRT in CoO: XMLD

 → rotation of CoO spins from Fe[1-10] to Fe[001]
 → Fe imprints magnetic anisotropy in CoO

following the XMLD analysis by Li et al., Phys. Rev. B **91**, 104424 (2015)

M. Ślęzak et al.; Scientific Reports 9, Article number: 889 (2019)



Przykład Wielowarstwy Fe/NiO/(Cr)/MgO



Spiny NiO o prostopadłym kierunku do warstwy dla układu Fe/NiO/MgO z małym przyczynkiem w płaszczyźnie. Namagnesowanie w płaszczyźnie:

Z buforem Cr: NiO prostopadłe do wastwy Fe; dla większej grubości osłabienie efektu i słaba zależność w płaszczyźnie





FIG. 4. (a) Schematic illustration of the measurement configuration; [(b) and (c)] XAS spectra at the Fe L_{2,3} edge recorded for two opposite circular polarizations of the light (σ +, σ -) at (b) φ = 0° and (c) φ = 90°; and (d) Ni L₂ ratio as a function of polarization angle φ for NiO(14 Å)/Cr (black curve), NiO(37 Å)/Cr (blue curve), and NiO(37 Å)/MgO (red curve).

A. Kozioł-Rachwał et al.; APL Mater. 8, 061107 (2020); doi: 10.1063/5.0011736)



Przykład Nadprzewodniki wysokotemperaturowe



Pomiary XMLD



FIG. 2. Fe $L_{3,2}$ edge XAS spectrum for (a) undoped EuFe₂As₂ and (c) Co doped EuFe_{1.8}Co_{0.2}As₂ (x = 0.1) measured at 150 K and XLD spectra at selected temperatures for both samples. Panel (b) schematically shows the phase diagram [18], solid points indicate temperatures for which XLD results are shown in (a) and (c) panels.



FIG. 3. Total experimental XLD signal (open black circles), the calculated structural (blue line), orbital (red line), constant (green line) contributions, and their sum (gray line) at selected temperatures for undoped $EuFe_2As_2$ (left panel) and $EuFe_{1.8}Co_{0.2}As_2$ (right panel).

D. Rybicki et al.; PRB 102, 195126 (2020) DOI:10.1103/PhysRevB.102.195126



Podziękowania



- Realizacja projektu możliwa tylko dzięki bezprecedensowej współpracy międzynarodowej
- Kluczowe projekt nowoczesnego synchrotronu udostępniony przez MAX-lab, Lund, S
- Współpraca MAX IV Solaris
 - Szkolenia i wymiana personelu
 - Wymiana pomysłów i rozwiązań
 - Współpraca przy kontraktach i przetargach: Dostawy dla Solaris były opcją w przetargach MAX IV
 - Dostawy unikalnych podzespołów z MAX-IV: Działo elektronowe, wnęki Landau'a, modyfikacje magnesów i komór próżniowych
 - Wsparcie techniczne przy komunikacji z dostawcami i przy odbiorach podzespołów
 - Zmniejszenie ceny ofert przez opcje zamawiania infrastruktury dla obu ośrodków









- Machine Advisory Committee Expert advice of 5 world class experts from Diamond, Soleil, PSI
- **Carlo Bocchetta** SOLARIS project leader \succ
- **Elettra-Sincrotrone Trieste** Expert advice, contracts for PSS, design of transfer line, vacuum chamber components, beamline and front-end, EPU insertion device
- Swiss Light Source Expert advice, trainingBake-out oven and control
- **Diamond** Expert advice
- Soleil Expert advice, commissioning software
- ALBA Expert advice, commissioing software, training
- **ESRF** Expert Advice, IcePAP motion controllers
- National Centre for Nuclear Research, Świerk Vacuum system installation inclusive of linac, storage ring and RF cavities.
- Polish Synchrotron Consortium (36 universities and institutes)
- Polish Synchrotron Radiation Society
- Polish Physical Society
- PL-Grid
- Institute of Catalysis and Surface Chemistry PAS PEEM End Station
- Cracow University of Technology

















Dziękuję za uwagę



http://www.synchrotron.uj.edu.pl/



