



SOLARIS

NARODOWE CENTRUM
PROMIENIOWANIA
SYNCHROTRONOWEGO

Synchrotron
SOLARIS
2016 — 2018



Publikacja przygotowana przez członków zespołu
NCPS SOLARIS. Autorzy i redaktorzy rozdziałów:
The publication prepared by the SOLARIS team
members. The authors and editors of the chapters:
Katarzyna Bester-Ostrowska, Agata Chrzęścijanek,
Alicja Górkiewicz, Wojciech Kitka, Marcin Knafel, Emilia Król,
Andrzej Marendziak, Jacek Szade, Adriana Wawrzyniak.

W publikacji wykorzystano abstrakty badań, których
autorami są użytkownicy linii badawczych SOLARIS.
Research abstracts prepared by the SOLARIS users
were used in the publication.

Redakcja
Editor:
Agata Chrzęścijanek

Copyright © Uniwersytet Jagielloński

Tłumaczenie i korekta wersji angielskiej
English translation and correction:
Matthew Dundon

Projekt graficzny i skład raportu
Graphic design and DTP:
Pracownia Register

Druk
Printing:
Drukarnia Beltrani

Kraków 2019



Spis treści

Wstęp	5
Kalendarium SOLARIS 2016–2018	10
Akceleratory	22
Wstęp	22
Akcelerator liniowy	22
Pierścień akumulacyjny	23
Działanie synchrotronu	25
Plany na przyszłość	31
Linie badawcze	32
Linie działające	32
Linie budowane	33
Linie planowane	36
Użytkownicy	38
Badania	41
System próżniowy	48
System wysokich częstotliwości (RF)	51
Systemy sterowania i IT	54
Krajowe Centrum Kriomikroskopii Elektronowej	57
Konsorcja	59
Projekty	61
BalticTram	61
CalipsoPlus	62
Konferencje, warsztaty i spotkania	63
Popularyzacja nauki	68

Contents

Introduction	5
SOLARIS timeline 2016–2018	10
Accelerators	22
Introduction	22
Linear accelerator	22
Storage ring	23
Machine operation	24
Future plans	31
Beamlines	32
Active beamlines	32
Beamlines under construction	33
Planned beamlines	36
Users	38
Research	41
Vacuum system	48
Radio Frequency System (RF)	51
The control and IT systems	54
National Cryo-EM Centre	57
Consortia	59
Projects	61
BalticTram	61
CalipsoPlus	62
Conferences, workshops, meetings	63
Popularisation of science	68

Wstęp

Narodowe Centrum Promieniowania Synchrotronowego SOLARIS jest ośrodkiem zapewniającym otwarty dostęp do infrastruktury badawczej. Jako unikalne w Europie Środkowej źródło promieniowania synchrotronowego otwiera nowe perspektywy w wielu obszarach badań podstawowych i stosowanych, oferując szerokie spektrum nowoczesnych technik badawczych. Centrum jest również platformą rozwoju współpracy krajowej i międzynarodowej oraz pełni funkcję inkubatora nowych technologii.

SOLARIS, współpracując z krajowym i międzynarodowym środowiskiem naukowym, projektuje, tworzy i udostępnia stanowiska do prowadzenia badań z wykorzystaniem unikalnych metod doświadczalnych, bazujących na właściwościach promieniowania synchrotronowego. Infrastruktura ośrodka służy badaniom podstawowym i materiałowym między innymi w obszarach katalizy, inżynierii biomedycznej, nanomateriałów, farmakologii czy geologii. Umożliwia tym

Introduction

The SOLARIS National Synchrotron Radiation Centre is a national science centre providing open access to research infrastructure. As a unique source of synchrotron radiation in Central Europe, it opens new perspectives in many areas of basic and applied research, offering a wide spectrum of modern research techniques. SOLARIS NSRC is a platform for the development of national and international cooperation, as well as an incubator of new technologies.

SOLARIS NSRC, in cooperation with the national and international scientific community, designs, creates and makes available research infrastructure to carry out measurements using unique experimental methods based on synchrotron radiation properties. The Centre's infrastructure serves basic and applied research in such areas as catalysis, biomedical engineering, nanomaterials, pharmacology or geology. It facilitates the search for new energy sources and solutions for future electronics.



Prof. dr hab. Marek Stankiewicz, dyrektor NCPs SOLARIS, podczas uroczystości otwarcia ośrodka

Prof. Marek Stankiewicz, the Director of the SOLARIS NSRC, during the opening ceremony

fot./photo: Anna Wojnar

samym poszukiwaniem nowych źródeł energii oraz rozwiązań dla elektroniki przyszłości.

Ośrodek stymuluje również współpracę polskich naukowców z przemysłem w znajdowaniu nowych rozwiązań technicznych o potencjale komercyjnym oraz jest ważnym w skali kraju ośrodkiem promocji nauk ścisłych.

Centrum SOLARIS jest jednostką pozawydziałową Uniwersytetu Jagiellońskiego, zlokalizowaną na terenie Kampusu 600-lecia Odnowienia UJ. Budynek, w którym znajduje się jego siedziba, powstał w latach 2011–2014. Inwestycję dofinansowała Unia Europejska

SOLARIS NSRC stimulates the cooperation of Polish scientists with industry in finding new technical solutions with commercial potential. It is also an important centre of science promotion.

The SOLARIS Centre is a unit of the Jagiellonian University, located on the Campus of the 600th Anniversary of the Jagiellonian University Revival. The SOLARIS building was built in 2011–2014. The investment was co-financed by the European Union with funds from the European Regional Development Fund, as part of the Innovative Economy Operational Programme for 2007–2013. The total budget of the project was

CO TO JEST SYNCHROTRON?

Synchrotron to rodzaj akceleratora kołowego, czyli urządzenia, w którym przyspiesza się cząstki i cząstki te poruszają się po torze zamkniętym – w przeciwieństwie do akceleratorów liniowych, w których przyspieszone cząstki poruszają się po linii prostej. W synchrotronie SOLARIS przyspieszane są elektrony. Gdy tor ruchu elektronów (poruszających się z szybkością bliską szybkości światła w próżni) jest zakrzywiany (tak by elektrony poruszały się po torze zamkniętym), powstaje promieniowanie elektromagnetyczne zwane światłem synchrotronowym. Promieniowanie to wyprowadzane jest na zewnątrz synchrotronu i trafia do linii badawczych, gdzie na stanowiskach pomiarowych jest wykorzystywane do badań naukowych.

A zatem synchrotron to urządzenie, które produkuje światło wykorzystywane do prowadzenia badań w wielu przyrodniczych i technicznych dziedzinach nauki.

WHAT IS A SYNCHROTRON?

A synchrotron is a cyclic accelerator, i.e. a device in which particles are accelerated and travel around a fixed closed-loop path (in contrast to linear accelerators in which accelerated particles move in a straight line). In the SOLARIS synchrotron, electrons are accelerated. When the path of electrons rushing at a speed close to the speed of light is curved (so that they move in a closed-loop path), electromagnetic radiation, called synchrotron light, is produced. This light is taken out of the synchrotron through to the so-called beamlines. At the end of the beamlines, experimental end stations are mounted.

Thus, a synchrotron is a device that produces light. The light allows research in many natural and technical sciences, such as biology, chemistry, physics, material engineering, nanotechnology, medicine, pharmacology, geology and crystallography.



DLACZEGO SYNCHROTRONY SĄ WYJĄTKOWE?

Synchrotrony są urządzeniami wyjątkowymi, ponieważ wytwarzają niezwykle światło (promieniowanie) synchrotronowe. Unikalne właściwości tego światła to m.in. ogromna intensywność – jest ono miliony razy jaśniejsze od światła, które dociera do Ziemi ze Słońca. Ponadto promieniowanie synchrotronowe zawiera fale elektromagnetyczne od podczerwieni, przez światło widzialne i ultrafiolet aż do światła rentgenowskiego. Dzięki temu naukowcy mogą badać na bardzo wiele sposobów zarówno powierzchnie, jak i wnętrza różnych materiałów. W ten sposób dowiadują się, jak te materiały są zbudowane, jaki mają skład chemiczny oraz właściwości elektryczne czy magnetyczne.

Unikalne właściwości światła synchrotronowego sprawiają, że wiele pomiarów można przeprowadzić wyłącznie przy jego wykorzystaniu. Pozwala ono również zdobyć w krótszym czasie więcej lepszych jakościowo informacji niż przy użyciu tradycyjnych źródeł światła. Ponadto synchrotrony działają siedem dni w tygodniu, 24 godziny na dobę, co czyni z nich prawdziwe fabryki badań. Ogrom stwarzanych przez nie możliwości badawczych powoduje, że są one wykorzystywane przez wiele dziedzin nauki, takich jak biologia, chemia, fizyka, inżynieria materiałowa, nanotechnologia, medycyna, farmakologia, geologia czy krytalografia.

WHY ARE SYNCHROTRONS UNIQUE?

Synchrotrons are unique devices because they produce extraordinary synchrotron light (synchrotron radiation). The unique properties of this type of light include its enormous intensity; it is millions of times brighter than the light that comes to the Earth from the Sun. In addition, synchrotron radiation contains electromagnetic waves from the infrared spectrum, through visible and ultraviolet light up to the X-rays. Thanks to this, scientists can study various materials in many ways, both externally and internally. In this way, they learn how these materials are built, and what their chemical composition and electrical or magnetic properties are.

Many types of measurements are possible only when synchrotron light is used. This light also allows scientists to get better quality information in less time than by using traditional light sources. It should also be noted that synchrotrons are extremely efficient; they work 24 hours a day, seven days a week, providing radiation for scientists conducting measurements simultaneously at many experimental end stations. They are real research factories. Because synchrotrons offer such vast opportunities, they are used in many branches of science such as biology, chemistry, physics, material engineering, nanotechnology, medicine, pharmacology, geology, and crystallography.



Budynek NCPS SOLARIS
w sierpniu 2018 r.

The SOLARIS NSRC
building in August 2018

fot./photo: Michał Domański

ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007–2013. Całkowity budżet projektu wyniósł 50 milionów euro. Dzięki projektowi powstały: infrastruktura budynku, infrastruktura techniczna, wstępny akcelerator liniowy, synchrotron oraz dwie linie eksperymentalne.

Jednocześnie stworzony został zespół techniczno-naukowy, który pod koniec 2018 r. liczył 60 osób.

Oficjalne otwarcie Centrum SOLARIS nastąpiło 21 września 2015 r., natomiast realizacja projektu współfinansowanego przez Unię Europejską zakończyła się 31 grudnia 2015 r.

Po zakończeniu projektu priorytetowym zadaniem dla zespołu SOLARIS stała się jak najszybsza optymalizacja (tj. kalibracja i stabilizacja) parametrów pracy zarówno systemu akceleratorów, jak i linii badawczych. Wszystko to po to, by jak najszybciej udostępnić SOLARIS pierwszym naukowcom.

Cel ten został osiągnięty w październiku 2018 r.

W 2018 r. Centrum SOLARIS udostępniało użytkownikom dwie linie badawcze: PEEM/XAS z dwoma stanowiskami pomiarowymi oraz UARPES z jednym stanowiskiem. W przyszłości na hali eksperymentalnej będzie funkcjonowało kilkanaście linii badawczych z około dwudziestoma stanowiskami pomiarowymi.

50 million euro. The project comprised building infrastructure, technical infrastructure, the initial linear accelerator, synchrotron and two beamlines.

At that time, a team technical and scientific team was assembled which, as of late 2018, numbered 60 persons.

The official opening of the SOLARIS Centre took place on 21 September 2015, while the implementation of the project co-financed by the EU ended on 31 December 2015.

Upon completion of the project, the priority task for the SOLARIS team was to optimize the operational parameters (calibration and stabilization) of both the accelerator systems and the beamlines as quickly as possible. This was in order to make SOLARIS available for its first researchers.

This aim was achieved in October 2018.

In 2018, the SOLARIS Centre made two beamlines available to researchers: a PEEM/XAS with two end stations and a UARPES beamline with one end station. In the future, more than a dozen beamlines will be operational in the experimental hall with approximately 20 end stations. The purchase of a new transmission cryo-microscope means that as early as 2019 a National Cryo-Microscope Centre will be able to be created at SOLARIS.



Zespół NCPS
SOLARIS w styczniu
2018 r.

The SOLARIS NSRC
team in January 2018

fot./photo: Piotr Batko

Zakup nowoczesnego kriomikroskopu transmisyjnego pozwoli już w 2019 r. stworzyć przy SOLARIS Krajowe Centrum Kriomikroskopii Elektronowej.

Obecnie zespół SOLARIS stawia sobie następujące cele:

- Stały rozwój infrastruktury i poszerzanie oferty badawczej dla polskich i zagranicznych naukowców.
- Ugruntowanie pozycji SOLARIS w europejskiej przestrzeni badawczej i rozwój współpracy międzynarodowej.
- Rozpoznawanie i wykorzystywanie możliwości rozwoju krajowego przemysłu poprzez transfer technologii, bezpośrednią współpracę oraz komercjalizację wynalazków i własności intelektualnej.
- Budowanie centrum kompetencyjnego w oparciu o zespół otwarty na zdobywanie, utrwalanie i przekazywanie nowej wiedzy, w szczególności w obszarach technologii akceleratorów wysokiej energii, systemów próżniowych, kriogeniki oraz aparatury badawczej.
- Popularyzacja efektów i roli badań naukowych w rozwoju społeczeństw.
- Doskonalenie modelu funkcjonowania dużych infrastruktur badawczych w Polsce.

Currently, the SOLARIS team is focusing on the following strategic aims:

- Continuous development of infrastructure and extension of research opportunities for Polish and foreign scientists.
- Strengthening of the position of SOLARIS in the European Research Area and developing international cooperation.
- Recognising and utilising the potential of domestic industry development through technology transfer, direct cooperation and commercialisation of inventions and intellectual property.
- Building a centre of competence based on a team which is open to the acquisition, consolidation and transfer of new knowledge, in particular in the areas of high energy accelerator technology, vacuum systems, cryogenics and research equipment.
- The popularisation of scientific research and its essential role in the development of societies.
- Improving the model of functioning of large research infrastructures in Poland.

Kalendarium SOLARIS 2016–2018

opracowanie zbiorowe

luty 2016 r.

Do synchrotronu SOLARIS dotarły podzespoły trzeciej linii badawczej. Linia działała wcześniej w ośrodku badawczym MaxLab w Lund (Szwecja). Została zdemontowana i przetransportowana do Krakowa przez członków zespołu SOLARIS oraz przedstawicieli kilku innych polskich ośrodków naukowych. Po modernizacji linia będzie wyspecjalizowaną instalacją badawczą wykorzystującą promieniowanie o zmiennej polaryzacji, którego źródłem będzie undulator EPU (ang. *elliptically polarizing undulator*).

Koncepcja linii zakłada współistnienie dwóch gałęzi pomiarowych, w których końcowymi stacjami badawczymi będą mikroskopy PEEM i STXM. Gałąź PEEM będzie zawierała dodatkowo stację okupolową.

1 marca 2016 r.

Po długich staraniach **Polska stała się pełnoprawnym członkiem Konsorcjum Środkowoeuropejskiej Infrastruktury Badawczej CERIC-ERIC**, które skupia wyspecjalizowane laboratoria z czołowych ośrodków regionu. Starania Polski o uzyskanie członkostwa trwały kilka lat. Formalny wniosek o przyjęcie do konsorcjum Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego wystosowało w styczniu 2016 r. Członkostwo Polski stało się faktem po zaaprobowaniu 29 lutego aplikacji przez Zgromadzenie Ogólne CERIC-ERIC. Decyzją polskiego rządu w elitarnym gronie urzędów badawczych znalazł się synchrotron uruchamiany w Narodowym Centrum Promieniowania Synchrotronowego SOLARIS. To było przełomowe wydarzenie dla ośrodka:

SOLARIS timeline 2016–2018

collaborative work

February 2016

In February 2016, the components of the third beamline were delivered to the SOLARIS synchrotron. The beamline previously operated at the MaxLab research centre in Lund (Sweden). It was dismantled and transported to Kraków by SOLARIS team members and representatives of several other Polish research centres. The beamline will be a specialized research installation using variable polarization radiation, the source of which will be an EPU undulator (elliptically polarizing undulator). The concept of the beamline assumes the coexistence of two measurement branches, in which the research end stations will be the PEEM microscope (photoemission electron microscope) and STXM (scanning transmission X-ray microscope). The PEEM branch will also contain an octupole station.

1 March 2016

After lengthy efforts, **Poland has become a fully-fledged member of the Central European Research Infrastructure Consortium. CERIC-ERIC** brings together specialized laboratories from the leading research centres of the region. Poland's efforts towards obtaining membership lasted several years. The formal application for admittance was submitted by the Ministry of Science and Higher Education in January 2016. Poland officially became a member after approval of the application by the CERIC-ERIC General Assembly on 29 February. By decision of the Polish government, the synchrotron at SOLARIS NSRC joined an elite circle of research facilities. This was a momentous occasion for SOLARIS; thanks to the financial support of the government resulting



Liderzy Małopolski 2015

The Leaders of
the Małopolska
Region 2015

fot./photo: Agata
Chrześcijanek

dzięki finansowemu wsparciu rządu, wynikającemu z członkostwa Polski w CERIC-ERIC, synchrotron SOLARIS uzyskał finansowanie kosztów funkcjonowania. Ponadto przystąpienie Polski do CERIC-ERIC otworzyło nowe możliwości współpracy w rejonie Europy Środkowej zarówno w prowadzeniu badań, jak i w pozyskiwaniu środków bezpośrednio z Unii Europejskiej na dalszy rozwój ośrodka.

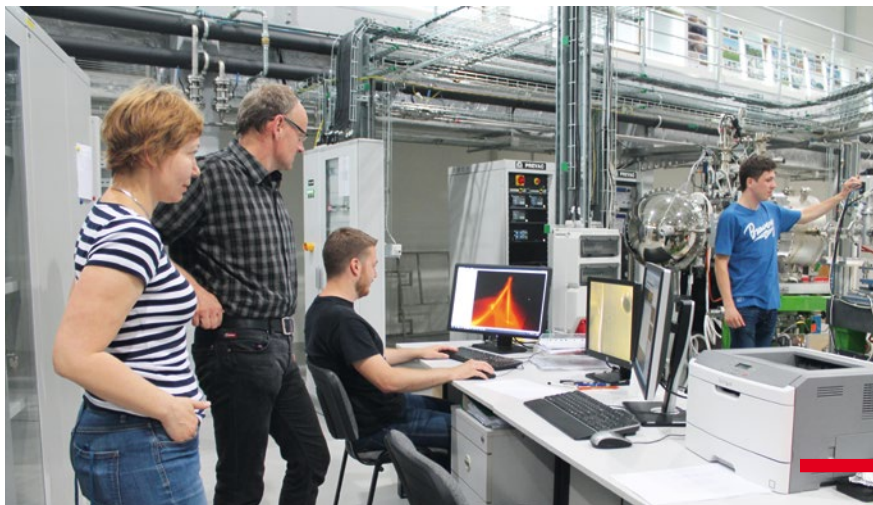
marzec 2016 r.

Stowarzyszenie Gmin i Powiatów Małopolski przyznało Uniwersytetowi Jagiellońskiemu tytuł Lidera Małopolski 2015 – za budowę Narodowego Centrum Promieniowania Synchrotronowego SOLARIS. Tym samym Centrum SOLARIS zostało Najlepszym Przedsięwzięciem Roku w Małopolsce. Stowarzyszenie Gmin i Powiatów Małopolski od szesnastu lat promuje „lokomotywy Małopolski”: najważniejsze inicjatywy, spektakularne dokonania oraz ważne gospodarczo i społecznie inwestycje, wpływające na rozwój regionu i dające przykład wszystkim pragnącym dynamicznie rozwijać się i inwestować na terenie Małopolski. Wyróżnienie z rąk Jacka Krupy, marszałka województwa małopolskiego, oraz

from Poland's membership in CERIC-ERIC, the SOLARIS synchrotron was assured financing for its operational costs. Moreover, the entry of Poland into CERIC-ERIC opened new horizons for cooperation in the Central European region, both in terms of conducting research, and obtaining direct funding from the EU for the further development of the Centre.

March 2016

The Association of Municipalities and Districts of Małopolska has awarded the Jagiellonian University the title of "Leader of the Małopolska Region 2015" for the construction of the SOLARIS National Synchrotron Radiation Centre, thus also becoming the Best Enterprise of the Year in Małopolska. For 16 years, the Association of Municipalities and Districts in Małopolska has promoted "engines of Małopolska", the most significant initiatives and spectacular achievements as well as important economic and social investments which impact the development of the region and provide an example for those who wish to grow dynamically and invest in Małopolska. This honour was accepted from Jacek Krupa, Marshal of the Małopolska Voivodeship



Pierwszy pomiar
w stacji badawczej
UARPES

The first
measurement in the
UARPES end station

Kazimierza Barczyka, wiceprzewodniczącego Sejmiku Województwa Małopolskiego i przewodniczącego Stowarzyszenia Gmin i Powiatów Małopolski, odebrali JM Rektor Uniwersytetu Jagiellońskiego, prof. Wojciech Nowak oraz dyrektor Centrum SOLARIS, prof. Marek Stankiewicz.

maj 2016 r.

Linia badawcza UARPES: zespół SOLARIS zaobserwował pierwsze „światło” ze zmiennie polaryzującego undulatora (typu Apple II) na pozycji próbek w stacji pomiarowej. Następnie przy wsparciu specjalistów z Akademii Górniczo-Hutniczej, Uniwersytetu Jagiellońskiego oraz firmy Prevac otrzymał pierwsze fotoemisyjne widma na linii UARPES. To były bardzo ważne kroki na drodze ku udostępnieniu aparatury naukowcom.

30 maja 2016 r.

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego przyznało Centrum SOLARIS dotację na budowę linii badawczej spektroskopii miękkiego promieniowania rentgenowskiego PHELIX. Linie takie jak PHELIX funkcjonują w prawie wszystkich synchrotronach na świecie, a zapotrzebowanie na czas badawczy

and Kazimierz Barczyk, Vice-Chairperson of the Małopolska Provincial Assembly and chairperson of the Association of Municipalities and Districts of Małopolska by His Magnificence prof. Wojciech Nowak, Rector of the Jagiellonian University and the Director of the SOLARIS Centre, prof. Marek Stankiewicz.

May 2016

The UARPES beamline: the first light from the variably polarizing undulator (APPLE II type) installed on the UARPES beamline has been observed by the SOLARIS team at the sample position, in the experimental chamber. Following this, the team, supported by experts from the AGH University of Science and Technology, the Jagiellonian University and the Prevac company, took the first photoemission spectra on the UARPES beamline. These were very important steps on the way to making the beamline available to scientists.

30 May 2016

The Ministry of Science and Higher Education has awarded the SOLARIS Centre funding for the construction of a PHELIX soft X-ray spectroscopy

na nich stale utrzymuje się na wysokim poziomie. Dlatego też PHELIX znalazła się na liście priorytetowych kierunków rozwoju infrastruktury SOLARIS, wyznaczonych przez Konsorcjum Polski Synchrotron, skupiające 36 uczelni i instytutów naukowo-badawczych. SOLARIS wyposaża swoją aparaturę w urządzenia najnowszej generacji, co zapewni jej konkurencyjność wobec innych ośrodków.

1 czerwca 2016 r.

Zespół w składzie: Piotr Ciochoń (Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej UJ), Mariusz Garb (WFAiS UJ), Karolina Szamota-Leandersson (SOLARIS) oraz Jacek Kołodziej (WFAiS UJ i SOLARIS), przeprowadził **typowy pomiar, do jakiego została zaprojektowana linia badawcza UARPES w synchrotronie SOLARIS**. Testowano masywnie równoległy tryb pomiaru kąto-energetycznych rozkładów fotoelektronów. Zmierzono wycinek struktury pasmowej grafenu w okolicy tzw. punktu Diraca.

25 listopada 2016 r.

Podczas uroczystej gali, **prof. Marek Stankiewicz, Dyrektor Centrum SOLARIS, oraz prof. Krzysztof**

beamline. Beamlines similar to PHELIX operate at nearly all of the synchrotrons in the world, and the demand for beam time at these lines is consistently high. That's why PHELIX was one of the priority development directions for the SOLARIS infrastructure which was identified by the Polish Synchrotron Consortium, a group which brings together 36 universities and research facilities. SOLARIS will outfit the beamline with the newest-generation equipment, ensuring that it will be competitive in regard to other centres.

1 June 2016

Piotr Ciochoń (the Faculty of Physics, Astronomy and Applied Computer Science of the Jagiellonian University – WFAiS UJ), Mariusz Garb (WFAiS UJ), Karolina Szamota-Leandersson (SOLARIS) and Jacek Kołodziej (WFAiS UJ and SOLARIS) did, for the first time, a typical experiment for which the UARPES beamline was designed. The massively parallel angle-resolved photoelectron spectroscopy mode was tested. The electronic structure around a so-called Dirac point was measured for a graphene sample.



Założyciele LEAPS

The LEAPS founders

fot./photo: LEAPS

Królas otrzymali z rąk prezydenta Jacka Majchrowskiego Nagrodę Miasta Krakowa za wybitne osiągnięcie naukowo-techniczne, jakim było wybudowanie synchrotronu SOLARIS. Wśród pozostałych laureatów Nagrody Miasta Krakowa znaleźli się: Grzegorz Turnau za wybitne osiągnięcia artystyczne, prof. Aleksander Skotnicki – wybitne osiągnięcia w rozwoju dialogu polsko-żydowskiego, Jerzy Illg za wybitne osiągnięcia w promocji krakowskiej kultury oraz prof. Janusz K. Kozłowski za osiągnięcia w dziedzinie archeologii. Nagrody Miasta Krakowa mają wieloletnią tradycję – po raz pierwszy przyznane zostały w 1933 r., ale swoją historią sięgają XVI wieku.

15 maja 2017 r.

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego przyznało Centrum SOLARIS dotację na instalację linii badawczej XMCD.

19–21 czerwca 2017 r.

W Krakowie odbyło się Europejskie Forum Strategiczne Infrastruktur Badawczych (European

25 November 2016

During a gala ceremony, **prof. Marek Stankiewicz, Director of the SOLARIS Centre, and prof. Krzysztof Królas received from the President of Kraków, Jacek Majchrowski, the City of Kraków Award for outstanding technical and scientific achievement**, for the construction of the SOLARIS synchrotron. Among the other winners of the City of Kraków Award were Grzegorz Turnau, for outstanding artistic achievement, professor Aleksander Skotnicki, for outstanding achievement in the field of Polish-Jewish dialogue, Jerzy Illg, for outstanding achievement in the promotion of the culture of Kraków, and professor Janusz K. Kozłowski, for achievements in the field of archaeology. The City of Kraków Award has a long tradition, having been first awarded in 1933 but with roots reaching back to the 16th century.

15 May 2017

The Ministry of Science and Higher Education has awarded the SOLARIS Centre funding for the re-installation of the XMCD beamline.



Podpisanie porozumienia o linii badawczej do badań strukturalnych

Signing the agreement on the beamline for structural studies

fot./photo: Adam Koprowski

Strategic Forum on Research Infrastructures – ESFRI). Organizatorem konferencji w Krakowie było Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz Narodowe Centrum Promieniowania Synchrotronowego SOLARIS. Spotkania ESFRI odgrywają kluczową rolę w kształtowaniu polityki w zakresie infrastruktury badawczych w Europie. Najważniejszym celem spotkań ESFRI jest stworzenie w Unii Europejskiej najnowocześniejszej bazy badawczej na świecie, od nauk humanistycznych i społecznych, przez środowiskowe i fizyczne, aż po nauki biomedyczne i e-infrastrukturę. Działalność ESFRI ma za zadanie wspierać spójną politykę krajów członkowskich UE w tym zakresie oraz promować inicjatywy sprzyjające lepszemu wykorzystaniu i rozwojowi już istniejących ośrodków badawczych. Spotkanie ESFRI w Krakowie było zatem wydarzeniem o strategicznym znaczeniu z punktu widzenia możliwości rozwoju i promocji polskiej infrastruktury badawczej.

13 listopada 2017 r.

Szesnaście instytucji reprezentujących dziewiętnaście europejskich ośrodków badań podpisało w Brukseli **porozumienie powołujące do życia Ligę Europejskich Źródeł Światła Opartych na Akceleratorach – LEAPS**. Wśród inicjatorów porozumienia i sygnatariuszy umowy znalazł się prof. dr hab. Marek Stankiewicz, dyrektor Centrum SOLARIS. Celem strategicznym inicjatywy LEAPS jest stworzenie możliwości prowadzenia w instytucjach partnerskich badań, które przyczynią się do rozwiązania najbardziej palących problemów współczesnego świata oraz wzmocnią pozycję konkurencyjną Europy względem innych podmiotów globalnej gospodarki. Podjęte zostaną działania na rzecz udoskonalenia technologii akceleratorowych źródeł światła, technik eksperymentalnych, detektorów i systemów kontrolno-pomiarowych. Niezwykle istotną kwestią jest również rozwój technologii informatycznych, w szczególności

19–21 June 2017

Kraków was the venue for the European Strategic Forum on Research Infrastructures (ESFRI) conference. The organiser of the conference in Kraków was the Ministry of Science and Higher Education and SOLARIS NSRC. The ESFRI conference plays a key role in developing policies for research infrastructure in Europe. The primary aim of ESFRI conferences is to create in the EU the most cutting edge research base in the world, beginning with the humanities and social sciences, through environmental and physical sciences, and including biomedicine and e-infrastructure. ESFRI's activities are intended to support a common policy for EU Member States in this regard and to promote initiatives which facilitate the better use and development of existing research facilities. The ESFRI conference in Kraków was thus an event with strategic significance in terms of opportunities for the development and promotion of Polish research infrastructure.

13 November 2017

16 organisations representing 19 light source facilities across Europe signed an agreement in Brussels to bring to life **the League of European Accelerator-based Photon Sources – LEAPS**. Among the initiators of the agreement and its signatories was prof. dr hab. Marek Stankiewicz, the Director of the SOLARIS Centre. The strategic aim of the LEAPS initiative is the creation of possibilities for conducting research in partner institutions which will lead to the solution of the most pressing problems of the contemporary world and which will enhance the competitive position of Europe vis-a-vis other entities in the global economy. Projects will be undertaken aimed at the refinement of light source accelerator technology, experimental techniques, detectors, and control and measurement systems. Another crucial issue is the development of IT systems, in particular those associated with

związanych z gromadzeniem i przetwarzaniem ogromnych ilości danych, jakie generowane są podczas pomiarów. Przewiduje się również realizację działań edukacyjno-szkoleniowych, zachęcających do korzystania z infrastruktury badawczej LEAPS zarówno naukowców, jak i przedstawicieli przemysłu. LEAPS prowadzi również rozmowy dotyczące uwzględnienia potrzeb finansowych dużych infrastruktur badawczych przy tworzeniu programów i projektów firmowanych przez Komisję Europejską. Inauguracja współpracy odbyła się w obecności przedstawiciela Komisji Europejskiej: dyrektora generalnego ds. badań naukowych i innowacji Roberta-Jana Smitsa.

grudzień 2017 r.

Sukcesem zakończono proces instalacji mikroskopu fotoelektrycznego PEEM na linii eksperymentalnej PEEM/XAS. Pierwszy raz w polskim synchrotronie użyto promieniowania synchrotronowego do uzyskania obrazowania z chemiczną i magnetyczną zdolnością rozdzielczą.

styczeń 2018 r.

Zespół SOLARIS uzyskał w synchrotronie maksymalny prąd wiązki elektronów (500 mA przy pełnej energii 1,5 GeV). Jeden z kluczowych zaprojektowanych parametrów SOLARIS został osiągnięty po zakumulowaniu 570 Ah kondycjonowania systemu próżniowego synchrotronu.

25 maja 2018 r.

Zakończył się pierwszy nabór wniosków o dostęp do stanowisk pomiarowych synchrotronu SOLARIS. Naukowcy z Polski i z zagranicy mogli składać wnioski o przyznanie czasu badawczego na stanowiskach PEEM, XAS oraz UARPES. Ogółem Centrum SOLARIS otrzymało 42 wnioski. Zdecydowaną większość z nich przesłali badacze afiliowani w polskich uczelniach i instytucjach badawczych: Akademii Górniczo-Hutniczej, Instytucie Katalizy

the collection and processing of the enormous amounts of data that are generated during measurements. Educational and training activities are also planned which will encourage both researchers and industry representatives to make use of the LEAPS research infrastructure. The organization is also in the process of negotiations regarding the recognition of the needs of large research infrastructure in planning and implementation of programs and projects supported by the European Commission. The inauguration of cooperation took place in the presence of a representative of the European Commission, Robert-Jan Smits, Director General of DG Research and Innovation at the European Commission.

December 2017

A photoemission electron microscope was successfully installed on the SOLARIS PEEM/XAS beamline.

For the first time in Poland, synchrotron radiation was used to image a sample surface with chemical and magnetic resolution.

January 2018

In the SOLARIS storage ring, the maximum current of 500 mA at final energy of 1.5 GeV was stored. One of the designed storage ring key parameters was achieved after ca. 570 Ah of the storage ring vacuum system conditioning.

25 May 2018

The first SOLARIS synchrotron call for proposals was completed. Scientists from Poland and abroad could apply for beam time at the PEEM, XAS and UARPES end stations. In total, the SOLARIS Centre received 42 applications. The vast majority of them were sent by scientists affiliated with Polish universities and research institutions: the AGH University of Science and Technology, the Jerzy Haber Institute of Catalysis and Surface Chemistry of the Polish Academy of Sciences, the Institute of Physics



Instalacja linii
diagnostycznej
typu pinhole

The installation of the
pinhole diagnostic line

fot./photo: Agata
Chrześcijanek

i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera PAN, Instytucie Fizyki PAN, Instytucie Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego PAN, Instytucie Zaawansowanych Technologii Wytwarzania, Politechnice Gdańskiej, Politechnice Kieleckiej, Uniwersytecie Jagiellońskim, Uniwersytecie Łódzkim, Uniwersytecie Mikołaja Kopernika i Uniwersytecie Warszawskim. Trzy aplikacje z zagranicy to aplikacje z Niemiec, Chorwacji i Litwy. 16 wniosków dotyczyło stanowiska XAS, 13 – PEEM i tyle samo – UARPES. Naukowcy planowali m.in. badania izolatorów topologicznych, materiałów dirakowskich i nadprzewodników (linia badawcza UARPES), a także badania właściwości elektronicznych materiałów oraz oddziaływań magnetycznych i rozkładu pierwiastków w materiałach (linia PEEM/XAS).

29 czerwca 2018 r.

W Collegium Novum UJ odbyło się uroczyste **podpisanie umowy o współpracy Uniwersytetu Jagiellońskiego i Zjednoczonego Instytutu Badań Jądrowych w Dubnej (Rosja) przy budowie i eksploatacji Laboratorium Badań Strukturalnych Makromolekuł i Nowych Materiałów**. Podpisanie umowy

of the Polish Academy of Sciences, the Henryk Niewodniczański Institute of Nuclear Physics of the Polish Academy of Sciences, the Institute of Advanced Manufacturing Technologies, the Gdańsk University of Technology, the Kielce University of Technology, the Jagiellonian University, the University of Lodz, the Nicolaus Copernicus University and the University of Warsaw. Three international applications came from Germany, Croatia and Lithuania. The XAS end-station received 16 applications, PEEM – 13, and UARPES – 13. The scientists' plans included measurements of topological insulators, Dirac materials, and superconductors (on the UARPES beamline). Measurements at the PEEM/XAS beamline dealt with the electronic properties of materials, magnetic interactions in materials, and the distribution of elements in materials.

29 June 2018

A cooperation agreement between the Jagiellonian University and the Joint Institute for Nuclear Research (JINR) in Dubna, Russia was signed in Collegium Novum JU. **The agreement envisages the construction and operation of a Laboratory for**

Sygnatariusze porozumienia o linii spektroskopii absorpcyjnej

The signatories of the agreement on the beamline for absorption spectroscopy

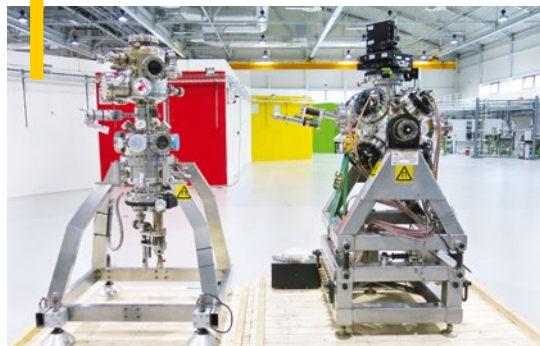
fot./photo: Adam Koprowski



Elementy linii badawczej XMCD

The components of the XMCD beamline

fot./photo: Agata Chreścijanek



zakończyło wielomiesięczne starania i rozmowy kierownictwa krakowskiego ośrodka z polskim Ministerstwem Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz ośrodkiem badawczym w Dubnej. Sukces był zatem wynikiem wielomiesięcznych negocjacji i rozmów, a także wieloetapowych ustaleń między wszystkimi partnerami tego unikalnego przedsięwzięcia. Wielomilionowa inwestycja w SOLARIS stanowi odpowiedź na ogromne zapotrzebowanie środowiska naukowego. Tym samym powstanie nowej linii badawczej niezwykle uatrakcyjni ofertę naukową SOLARIS. Na mocy podpisanej umowy w SOLARIS powstanie laboratorium, którego podstawę stanowić będzie linia badawcza wykorzystująca do badań

Structural Research into Macromolecules and New Materials at the SOLARIS National Synchrotron Radiation Centre.

The signing of the agreement finalised several months of efforts and talks between the SOLARIS Centre and the Polish and Russian ministries of science. Above all, however, the success was the result of negotiations and multi-stage arrangements with a foreign partner, i.e. the Joint Institute for Nuclear Research. This multi-million investment in SOLARIS is a response to the huge demand from the scientific community. Thus, the new beamline will make the SOLARIS scientific offer substantially more attractive to researchers. Under the agreement signed, a laboratory at the SOLARIS Centre will be created whose base will be a high energy beamline for structural studies. A beamline with such parameters has been one of the most sought-after by the Polish scientific community for some time. The investment will cover the expansion of the SOLARIS Centre experimental hall. In total, 21 million dollars will be invested in the Centre.

strukturalnych promieniowanie synchrotronowe o wysokiej energii fotonów. Linia o takich właściwościach jest jedną z najbardziej oczekiwanych przez polskie środowisko naukowe. Realizacja inwestycji uwzględnia rozbudowę hali eksperymentalnej Centrum SOLARIS. Ogółem w ośrodek zostanie zainwestowana kwota 21 milionów dolarów.

sierpień 2018 r.

Instalacja komory sekcji prostej pod undulator rozpoczęła budowę linii badawczej PHELIX.

wrzesień 2018 r.

W pierścieniu akumulacyjnym synchrotronu SOLARIS zainstalowana została i uruchomiona pierwsza linia diagnostyczna. Linia typu pinhole obrazuje wiązkę elektronową poprzez analizę emitowanego promieniowania rentgenowskiego. Operatorzy mogą w czasie rzeczywistym monitorować takie parametry wiązki jak położenie jej źródła, profile poprzeczne wiązki, emitancja i przechył. Wiedza o tych parametrach pozwala korygować niestabilności wiązki, a stabilna wiązka znacząco poprawia jakość wyników badań, jakie są realizowane na liniach badawczych.

2 października 2018 r.

Naukowcy z kraju i zagranicy rozpoczęli regularne badania w Centrum SOLARIS. Biorąc pod uwagę fakt, iż o wybudowanie w Polsce synchrotronu zabiegano od ponad trzydziestu lat, pierwszy użytkownik w SOLARIS stanowił bezspornie przełomowy moment dla polskiej nauki.

25 października 2018 r.

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego przekazało SOLARIS ***decyzję dotyczącą finansowania zakupu najwyższej generacji kriomikroskopu elektronowego i utworzenia Krajowego Centrum Kriomikroskopii Elektronowej.*** Wniosek o zakup mikroskopu to wspólna inicjatywa 17 przodujących

August 2018

The installation of the straight section chamber for the undulator commences the construction of the PHELIX beamline.

September 2018

The first diagnostic line was installed and activated in the SOLARIS synchrotron storage ring. A pinhole line images an electron beam by analysing the emitted X-rays. Operators can monitor such beam parameters as source position, transverse beam profiles, emittance and skew in real time. Knowledge of these parameters allows us to correct beam instabilities, and a stable beam improves the quality of measurements that are carried out on beamlines.

2 October 2018

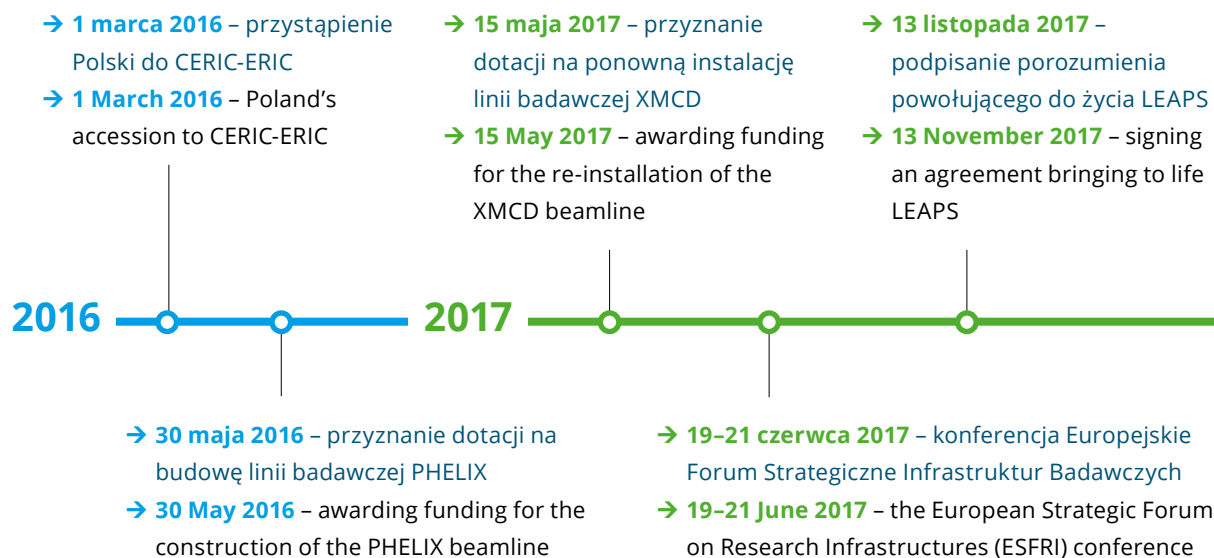
Scientists from Poland and abroad start regular research at the SOLARIS Centre. Taking into account that it took over thirty years to collect the necessary funds and build the Polish synchrotron, the first user in SOLARIS was a breakthrough moment for Polish science.

25 October 2018

The Polish Ministry of Science and Higher Education handed over to SOLARIS ***the official decision to establish a National Cryo-EM Centre at a Polish partner facility,*** granting the requested financial support. The successful application is the result of an agreement and cooperation between 17 leading scientific institutions in Poland in the area of structural biology. This state-of-the-art microscope will allow its users to match the progress of other international research centres and will move Polish and international scientists into the first class of structural biology. The advances made in cryo-EM have revolutionized the field of structural biology over the last decade. The increased recognition of this technology also culminated in the Nobel Prize

instytucji naukowych w Polsce prowadzących badania z zakresu biologii strukturalnej. Utworzenie Krajowego Centrum Kriomikroskopii Elektronowej umożliwi polskim naukowcom dołączenie do grona światowych liderów w biologii strukturalnej. Po- czynione w ciągu ostatniej dekady postępy w roz- woju techniki Cryo-EM zrewolucjonizowały biolo- gię strukturalną. Największym uznaniem dla tej technologii było przyznanie jej twórcom w 2017 r. Nagrody Nobla. Rozwój tej techniki pozwolił na eksplorację całkowicie nowych horyzontów ba- dawczych, czego wynikiem jest długa lista prze- łomowych badań opublikowanych w najbardziej prestiżowych czasopismach naukowych. Obecność pierwszego w Polsce tej klasy kriomikroskopu elek- tronowego oznacza, że teraz Kraków stanie się nie- zwykłe atrakcyjny dla krajowej i międzynarodowej społeczności biologów strukturalnych chcących uzyskać jak najbardziej precyzyjne pomiary. Mi- kroskop będzie służyć nie tylko naukowcom z Pol- ski, ale i całego regionu: utworzenie Krajowego Centrum Kriomikroskopii Elektronowej w SOLARIS rozszerzy wachlarz oferty badawczej Konsorcjum

in Chemistry being awarded to its creators in 2017. The development of this technique has opened up new research horizons, which has resulted in a long list of ground-breaking studies published in the most prestigious scientific journals. Foremost, the anticipated results are extremely relevant for a better understanding of the functioning of the human body, of the formation of human diseases and of processes like aging, and can also lead to the development of new effective therapies. Structural biology has already contributed to impressive pro- gress in the treatment of various human diseases, including cancer, Alzheimer's disease and obesi- ty. Last but not least, the presence of a high-end cryo-electron microscope at SOLARIS means that Kraków will attract national and international struc- tural biologists. The funding of the project by the Polish ministry will be a part of the implementation of the tasks within the framework of CERIC-ERIC. The creation of the National Cryo-Microscope Cen- tre at SOLARIS will expand the Central European Research Infrastructure Consortium CERIC-ERIC research offer by providing access to the Cryo-EM



Środkowoeuropejskiej Infrastruktury Badawczej CERIC-ERIC.

Dotacja na zakup kriomikroskopu i budowę Centrum wyniesie łącznie 26,5 miliona złotych.

18 grudnia 2018 r.

W Collegium Maius Uniwersytetu Jagiellońskiego podpisano **trójstronne porozumienie pomiędzy Narodowym Centrum Promieniowania Synchrotronowego SOLARIS a Uniwersytetem Nauk Stosowanych Hochschule Niederrhein oraz Instytutem Promieniowania Synchrotronowego w Tajlandii**. Celem powołanego konsorcjum jest zaprojektowanie oraz budowa kolejnej linii badawczej SOLARIS. Koszty pokryje strona niemiecka.

Linia spektroskopii absorpcyjnej promieniowania rentgenowskiego (XAS) będzie dostarczać wysokoenergetyczne fotony o szerokim zakresie energii, co pozwoli prowadzić pomiary na krawędziach absorpcji wielu pierwiastków. Stacja badawcza będzie przeznaczona do badań materiałowych zarówno o charakterze podstawowym, jak i aplikacyjnym.

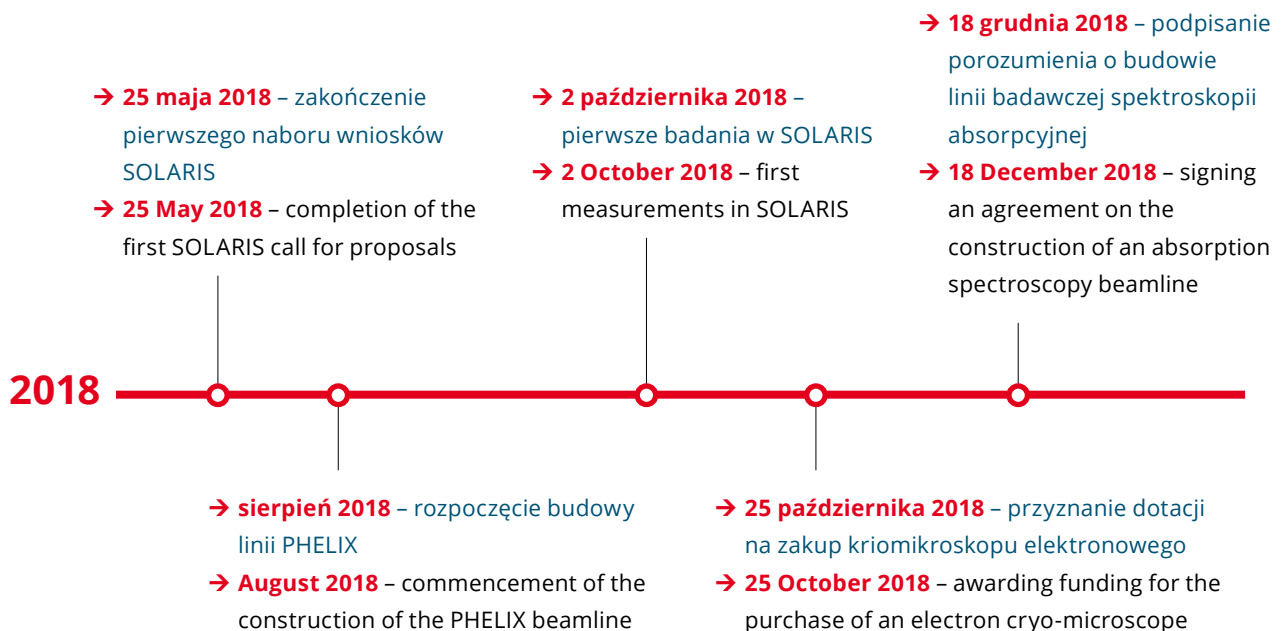
technique, which is among the most important methodologies in modern research.

The purchase of the cryo-microscope and the construction of the Centre will cost PLN 26.5 million.

18 December 2018

A trilateral agreement was signed between the SOLARIS National Synchrotron Radiation Centre, the University of Applied Sciences Hochschule Niederrhein, Germany, and the Synchrotron Light Research Institute in Thailand. The goal of the consortium established by the agreement is to construct a new beamline. The cost will be covered by the German partner.

The future absorption spectroscopy beamline (XAS) will provide photons in a wide energy range, which will allow researchers to carry out measurements at the edges of absorption of various elements. The research end station will be used for both basic and applied materials research.



Akceleratorzy

Adriana Wawrzyniak

Wstęp

SOLARIS jest źródłem światła trzeciej generacji, skonstruowanym na Uniwersytecie Jagiellońskim w Krakowie. Projekt rozpoczął się w 2010 r. przy unikalnej współpracy ze szwedzkim laboratorium naukowym MAX-Lab w Lund. W ramach tej współpracy zostały zaprojektowane i wybudowane dwa bliźniacze pierścienie akumulacyjne o energii 1,5 GeV. Instalacja akceleratorów SOLARIS rozpoczęła się w maju 2014 r., a zakończyła rok później. W październiku 2014 r. rozpoczęły się testy podsystemów oraz kondycjonowanie akceleratora liniowego (liniaka), w grudniu 2014 r. pierwsze elektrony zostały wyemitowane z działu elektronowego, a pod koniec lutego 2015 r. po raz pierwszy wiązka elektronowa o energii 300 MeV została zaobserwowana na końcu liniaka. Po tym osiągnięciu akcelerator został wyłączony na 2,5 miesiąca, aby dokończyć instalację linii transferowej i pierścienia akumulacyjnego. W maju 2015 r. rozpoczął się rozruch liniaka z linią transferową i pierścieniem akumulacyjnym. W czerwcu 2015 r. zarejestrowano pierwszy obieg elektronów, a następnie akumulację prądu. 19 czerwca tego roku zostało zakumulowane 0,07 mA prądu przy energii 380 MeV. Zaobserwowano również – przy pomocy monitora fluorescencyjnego zainstalowanego na front endzie linii pomiarowej PEEM/XAS – pierwsze światło synchrotronowe z magnesu zakrzywiającego.

Akcelerator liniowy

Akcelerator liniowy SOLARIS składa się ze struktur przyspieszających elektrony do maksymalnej energii 0,6 GeV, działu elektronowego oraz wertykalnej linii transferowej. Termiczne **działo elektronowe** w formie wnęki rezonansowej o częstotliwości drgań własnych 3 GHz z katodą z tlenku baru (BaO) zostało wybrane celem uproszczenia operacji. Działo zostało zaprojektowane i wykonane w laboratorium MAXIV.

Accelerators

Adriana Wawrzyniak

Introduction

SOLARIS is a third generation light source constructed at the Jagiellonian University (JU) in Kraków, Poland. The project was started in 2010 as a greenfield project with unique cooperation between JU and the MAX-Lab in Lund, Sweden. Within this framework, two twin 1.5 GeV storage rings were designed and built.

The installation of the SOLARIS machine started on May 2014 and one year later was completed. In November 2014, the subsystem tests and conditioning of the SOLARIS linear accelerator (linac) was started and in the end of February 2015, the 300 MeV electron beam at the end of the linac was observed for the first time. After this achievement, the machine was shut down for 2.5 months to complete transfer line and storage ring installation. In May 2015, the commissioning of the linac together with the transfer line and storage ring began. In June, the first turns and then the accumulated beam were observed. On 19 June, a 0.07 mA current was stored at an energy of 380 MeV and the first synchrotron light from the dipole was detected on the fluorescent screen at the PEEM beamline's front end.

Linear accelerator

The SOLARIS injector consists of a 0.6 GeV S-band linac with a thermionic RF gun and a vertical dog-leg beam transfer line. The electron source is a thermionic RF gun with a BaO cathode that has been chosen for simplicity of operation. This gun was designed and manufactured at MAX IV Laboratory. The energy of the electron beam exiting the gun is 2.8 MeV and the average current of the bunch train right after the gun is 200 mA. To focus the bunches, two solenoid magnets are installed after the gun. The beam is transported through the chopper section and an energy filter in order to compress and clean the beam.

Średnia energia elektronów opuszczających działło wynosi 2,8 MeV, a średni prąd ciągu pakietów elektronowych tuż za działłem – 200 mA. Dwa solenoidy zainstalowane za działłem odpowiednio skupiają wiązkę. Do skompresowania oraz wyczyszczenia wiązki z elektronów o złej energii służy układ impulsowego „choppera” oraz filtr energii. Liniak składa się z sześciu pięciometrowych struktur przyspieszających, pracujących w paśmie przenoszenia „S” (3 GHz) i połączonych w trzy jednostki. Każda jednostka zawiera wnękę SLED (ang. *SLAC Energy Doubler*) oraz dwie struktury przyspieszające, zasilane przez klistron wraz z impulsowym modulatorem mocy. Między sekcjami przyspieszającymi zamontowano magnesy skupiające i korygujące tor ruchu wiązki oraz elementy jej diagnostyki. Linia transferowa efektywnie transportuje wiązkę z liniaka do pierścienia akumulacyjnego. Najważniejszymi elementami linii są dipole z o całkowitym zakrzywieniu 27 stopni, uginające wiązkę w płaszczyźnie wertykalnej, oraz skupiające magnesy kwadrupolowe. Ostatnim elementem jest magnes septum, który łączy liniak z pierścieniem akumulacyjnym. Całkowita długość akceleratora liniowego to 54 m.

Pierścień akumulacyjny

1,5 GeV pierścień akumulacyjny SOLARIS bazuje na dwunastu podwójnie zakrzywiających achromatach (ang. DBA – *double bend achromat*). Większość magnesów w komórce DBA łączy kilka funkcji:

- magnesy zakrzywiające z gradientem deogniskującym i paskami prądowymi na nabiegunnikach
- ogniskujące kwadrupole z ogniskującym przyczynkiem sekstupolowym
- rozpraszające sekstupole z dodatkowymi cewkami kwadrupoli skręconych
- sekstupole korygujące z dodatkowymi cewkami działające jako dipole sterujące.

Wszystkie magnesy w komórce DBA są zintegrowane w jednym bloku żelaza typu Armco. To innowacyjne rozwiązanie pozwala na niezwykle precyzyjne

The linear accelerator consists of six five-meter-long S-band travelling wave accelerating structures combined in three accelerating units. Each accelerating unit contains one SLED (SLAC Energy Doubler) cavity and two linac structures and is powered by an RF amplifier. Between the linac structures, quadrupoles, steering magnets and diagnostics instruments are placed to focus and guide the beam. The transfer line efficiently transports the beam from the linac to the storage ring. The main components of the transfer line are the dipoles, with a total bend angle of 27 degrees, which bend the beam in the vertical plane, as well as six focusing quadrupoles. The last element is a septum magnet, which connects the injector with the storage ring. The total length of the injector is ca. 54 metres.

Storage ring

The SOLARIS 1.5 GeV storage ring is composed of twelve double bend achromat (DBA) cells. Most of the magnets in the DBA are multifunction:

- bending magnets with defocusing gradient and pole face strips
- focusing quadrupoles with focusing sextupole content
- defocusing sextupoles with trim coils for skew quads
- correction sextupole magnets with additional coils of steering magnets.

All the magnets within one DBA cell are shaped in one Armco block. This innovative approach allows the mutual alignment of magnets within the DBA cell to be within a 25 μm tolerance range and makes the cell short, merely 4.2 m. This implementation, however, comes at the cost of the challenging manufacturing requirements of the magnets and vacuum chambers as well as their assembly.

There are twelve 3.5 m-long straight sections in the storage ring. Two of them are completely occupied with diagnostic instruments, a vertical pinger, the injection septum magnet (1st straight), two 100 MHz

Energia / Energy [GeV]	1.5
Prąd / Current [mA]	500
Obwód / Circumference [m]	96
Częstotliwość / RF frequency [MHz]	99.931
Harmoniczna / Harmonic number	32
Straty energii / Radiation losses [keV/turn]	114.1
Dostrojenie / Betatron tunes (H/V)	11.22/3.15
Naturalna chromatyczność / Nat. chromaticities (H /V)	-22.98/-17.14
Skorygowana chromatyczność / Corrected chromaticities (H/V)	+2/+2 lub/or +1/+1
Kompakcja pędu / Momentum compaction factor	3.055.10 ⁻³
Współczynnik tłumienia Jx / Damping partition numer Jx	1.46348

Tabela 1. Projektowane parametry pierścienia akumulacyjnego

Table 1. The storage ring designed parameters

pozycjonowanie magnesów względem siebie z dokładnością do 25 μm i czyni całą komórkę krótką – 4,2 m. Zastosowanie takiego rozwiązania stanowiło dość spore wyzwanie zarówno dla wykonawców magnesów oraz komór próżniowych, jak i dla samej instalacji tych urządzeń w późniejszym etapie.

Sekcje proste w pierścieniu akumulacyjnym mają długość 3,5 m. Dwie sekcje przeznaczono na diagnostykę, iniekcję (pierwsza sekcja) oraz system wysokich częstotliwości – to sekcja dwunasta, gdzie zainstalowano dwie główne 100 MHz wnęki rezonansowe oraz dwie wnęki Landaua. Ponadto w sekcji trzeciej zainstalowany jest impulsowy magnes dipolowy. Pozostałe sekcje proste są przeznaczone na instalację urządzeń wstawkowych.

Na rysunku 1 przedstawiono funkcje optyczne w obrębie jednej achromaty pierścienia. Jak widać, funkcje beta i dyspersji mają niskie wartości, co pozwala na zastosowanie mniejszej apertury komory próżniowej. Przekrój komory próżniowej posiada rozmiary 40/20 mm (horyzontalna/wertykalna), jednakże w środku achromaty apertura została zwiększona do 56/28 mm.

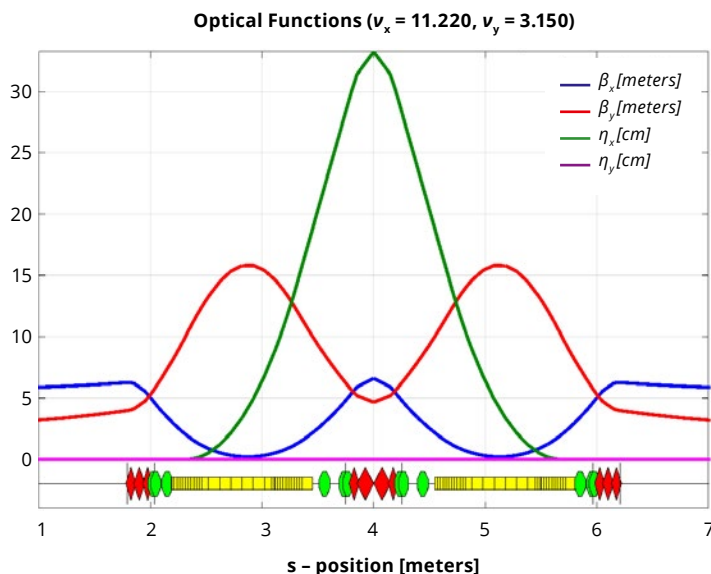
RF cavities, and two Landau cavities (12th straight). Additionally, in the 3rd straight section a dipole injection kicker magnet is installed. All the other straight sections are fully dedicated for insertion devices (IDs).

The optical functions for the achromat are shown in figure 1. As one can see, the beta functions and dispersion have low values, reducing the need for large vacuum chamber apertures. The cross section of the vacuum chambers has inner dimensions of 40/20 mm (horizontal/vertical), however at the center of the double-bend achromat the aperture is increased to 56/28 mm.

Beam injection into the storage ring is done by a single pulsed dipole magnet installed in the 3rd straight section.

Machine operation

The commissioning of the storage ring started in May 2015 and was divided into three phases. Phase I took place between May and July 2015. During this period, the first electrons were injected into the storage ring at an energy of ca. 400 MeV, the first turns were observed, and later accumulation and a stored beam of a few mA was obtained. During this phase, the main effort was



Rysunek 1. Funkcje optyczne w pojedynczej komórce DBA

Figure 1. The optical functions for the single DBA cell

Wstrzykiwanie elektronów do pierścienia akumulacyjnego jest wykonywane przy pomocy pojedynczego impulsowego magnesu dipolowego zainstalowanego w sekcji trzeciej.

Działanie synchrotronu

Uruchomienie pierścienia akumulacyjnego rozpoczęło się w maju 2015 r. Proces został podzielony na trzy fazy. Faza pierwsza odbyła się między majem a lipcem 2015 r. W tym czasie do pierścienia akumulacyjnego zostały wprowadzone pierwsze elektrony o energii bliskiej 400 MeV, zaobserwowano przelot wiązki elektronowej po całym obwodzie pierścienia, a następnie akumulację kilku mA prądu i jego utrzymanie w krótkim czasie. Podczas tej fazy wysiłki zespołu SOLARIS koncentrowały się na dostrojeniu energetycznym liniaka, linii transferowej i pierścienia akumulacyjnego. Początkowo punkt pracy pierścienia był inny niż zaprojektowany. Podczas letniego wyłączenia synchrotronu w piątej sekcji prostej zostały zainstalowane aluminiowa komora próżniowa i undulator. Po tym okresie rozpoczęła się druga faza rozruchu synchrotronu. Głównymi osiągnięciami było wówczas ustawienie punktu pracy (dostrojenia) pierścienia

put into matching the linac, transfer line and storage ring energy. However, the working point of the SR differed from the design one. During summer shutdown, the aluminium vacuum chamber and undulator in the 5th straight section was installed. After summer shutdown, phase II of the commissioning started. The main achievements were to bring the tune values to the design ones, correct the chromaticity to +1, improve the orbit correction, increase the stored current and ramp the beam up to the final energy of 1.5 GeV. At the end of this phase, the maximum current possible to store was 200 mA. The beam current*lifetime product ($I \cdot \tau$) at that time was about 0.5 Ah (see figure 2). During the long winter shutdown the 3rd harmonic cavities were installed and in spring 2016 the 3rd phase of storage ring commissioning started. The goals of this phase were to improve the injection rate and ramping speed, make beam-based alignment, increase the lifetime by vacuum conditioning and tuning the Landau cavities. Between April and December 2016, the time for the storage ring commissioning was shared with the commissioning of the UARPES beamline. The magnet shunting was done at the early commissioning phase based on the magnetic measurements, but now after

akumulacyjnego do zaprojektowanych wartości, skorygowanie chromatyczności do wartości +1, poprawa korekcji orbity, wzrost prądu zakumulowanego oraz przyspieszenie elektronów do nominalnej energii 1,5 GeV w pierścieniu akumulacyjnym. Pod koniec tej fazy możliwe było również utrzymanie wiązki o prądzie 200 mA. W tym czasie produkt prąd*czas życia wiązki $I \cdot \tau$ wynosił około 0,5 Ah (patrz rysunek 2). Podczas długiego zimowego okresu wyłączeniowego zostały zainstalowane 300 MHz wnęki rezonansowe i wiosną 2016 r. rozpoczęła się trzecia faza rozruchu synchrotronu. Jej główne cele obejmowały: poprawę efektywności iniekcji i szybkości wzrostu energii, wykonanie precyzyjnego pozycjonowania wiązki względem środków magnesów, wydłużenie czasu życia elektronów poprzez kondycjonowanie próżni oraz strojenie wnęk Landaua. Między kwietniem a grudniem 2016 r. rozpoczęło się również uruchamianie linii pomiarowej UARPES. Wyrównywanie pól magnetycznych zostało przeprowadzone we wczesnej fazie rozruchu, bazując na pomiarach magnetycznych, ale obecnie po przeprowadzeniu pomiarów optyki liniowej metodą LOCO (ang. *Linear Optics from Closed Orbit*) wymagane są dodatkowe zmiany bocznikowania magnesów.

Liniak dostarcza wiązkę elektronową o energii 535 MeV. Wiązka jest wprowadzana do pierścienia akumulacyjnego z częstotliwością 1 Hz. Początkowo „chopper” nie był używany i pakiety elektronowe (3 GHz) były wstrzykiwane jako długi 184 ns ciąg pakietów. Wiązało się to z podniesionym poziomem promieniowania rejestrowanym na hali eksperymentalnej w trakcie procesu iniekcji. Oszacowana wydajność procesu iniekcji w tym czasie wynosiła 30%. W 2017 r. został uruchomiony i wdrożony do działania układ „choppera”. To poprawiło wydajność iniekcji do 60% i zredukowało drastycznie współczynnik strat. Proces podwyższania energii elektronów w pierścieniu jest wykonywany w ciągu czterech minut, zatem cały proces iniekcji, łącznie ze strojeniem wnęk Landaua i stabilizacją wiązki, nie trwa dłużej niż 30 min.

Linear Optics from Closed Orbit (LOCO) optimisation some additional changes in the shunting are needed.

Nowadays, the linac delivers an electron beam with an energy of 535 MeV. The beam is injected to the storage ring with the repetition rate of 1 Hz. In the beginning, a chopper was not used and the 3 GHz bunches were injected as a long bunch train of 184 ns. Therefore, during the injection process a high radiation level was registered at the experimental hall. The estimated injection efficiency at that time was 30%. In 2017, the chopper system was commissioned and put into operation. This improved the injection efficiency up to 60% and drastically reduced the loss rate during the injection process. The ramping is executed in less than 4 min., therefore the whole injection process together with Landau cavities tuning and beam stabilisation takes less than 30 min.

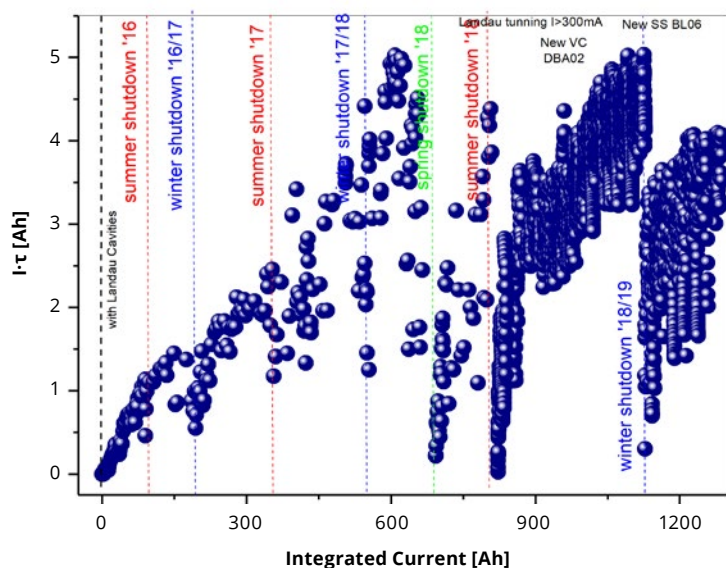
During commissioning phases, a good performance level of the SOLARIS storage ring was reached. The beam optics was brought close to the design values. The measured storage ring parameters with respect to the theoretical values are presented in table 2. However, studies of betatron function revealed beta beating in the range of several percent. This, in addition to closed orbit, phase advance and dispersion studies indicate that the shunting of individual magnets has to be revised. After ca. 400 Ah of beam cleaning, the vacuum condition allowed 400 mA of the beam current to be stored at the final energy with a total lifetime of 8 h. Moreover, after reaching the 575 Ah of the integrated current (winter 2018), the nominal current of 500 mA at full (1.5 GeV) energy was stored. However, vacuum conditioning of the RF cavities is still required for high currents. The evolution of the $I \cdot \tau$ product with respect to the integrated current from the start-up of the storage ring up to now is shown in figure 2. The degradation of the lifetime after a few shutdown periods is mostly connected with the installation of the new vacuum chambers (ID straight sections; frontends; bending

Podczas faz rozruchu synchrotronu SOLARIS osiągnięto bardzo dobre parametry. Optyka wiązki została ustawiona blisko zaprojektowanej. Zmierzone parametry wiązki w pierścieniu akumulacyjnym porównano z teoretycznymi i zestawiono w tabeli 2. Jednakże pomiary funkcji betatronowej pokazały, że istnieją kilkuprocentowe zaburzenia funkcji beta. Łącznie z pomiarami orbity oraz zmiany fazy i dyspersji wskazują one na potrzebę rewizji schematu bocznikowania pojedynczych magnesów. Po około 400 Ah kondycjonowania próżni wiązką możliwe było zakumulowanie 400 mA prądu przy pełnej energii, z całkowitym czasem życia elektronów równym ośmiu godzinom. Co więcej, po zakumulowaniu ponad 575 Ah prądu (zima 2018) zostało zakumulowane 500 mA przy pełnej energii. Jednak nadal przy wysokich prądach jest wymagane kondycjonowanie wnęk rezonansowych. Zmiany produktu $I \cdot \tau$ w zależności od zintegrowanego prądu od początku uruchomienia pierścienia akumulacyjnego do końca 2018 r. zostały zaprezentowane na rysunku 2.

Spadek czasu życia po kilku okresach wyłączeniowych jest związany głównie z instalacją nowych komór

magnet section; diagnostic beamline) and/or some leaks and their repairs in the RF section.

Some longitudinal instabilities that are present have been cured by tuning the Landau cavities to the 3rd harmonic resonance. Moreover, once the Landau cavities are tuned, the Touschek lifetime increases by a factor of 3. Since the commissioning of the experimental beamlines as well as user operation is on-going, beam stability and reproducibility is of great interest. These studies have shown that the electron orbit can be restored from injection to injection within a tens of microns range when orbit correction is applied. The main concern is the thermal stability of the storage ring, which for the moment oscillates within a range of 1.5°C, having an impact on the beam oscillations. Some changes in the cooling water system are planned in the near future to improve thermal stability at SOLARIS. Recently, the closed orbit was improved and now the rms values of the closed orbit in both planes are below 1 μm . Moreover, during the summer shutdown in 2018 the X-ray pinhole diagnostic beamline was installed and put into operation. The successful installation and commissioning of the X-ray pinhole



Rysunek 2. Produkt $I \cdot \tau$ versus zintegrowany prąd w pierścieniu akumulacyjnym

Figure 2. The $I \cdot \tau$ product versus integrated current in the storage ring

próżniowych (sekcje proste pod urządzenia wstawkowe; front endy sekcja magnesu; linia diagnostyczna) i/lub z naciekami próżniowymi oraz ich naprawami w sekcji RF.

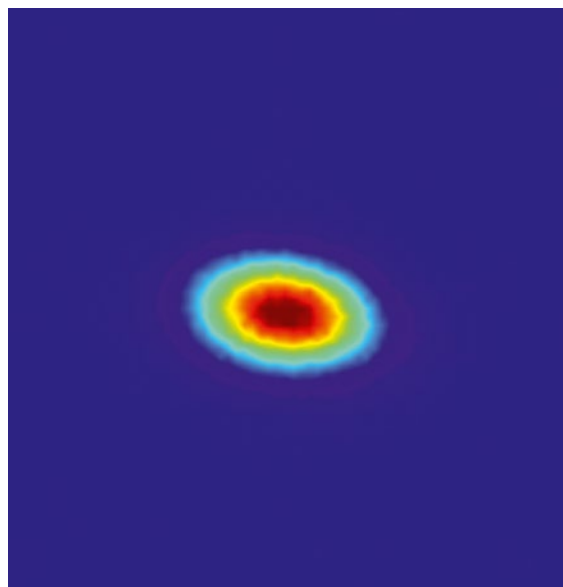
Podłużne niestabilności, które były obecne w pierścieniu, zostały zniwelowane poprzez właściwe zestrojenie wnęk Landaua. Ponadto właściwe zestrojenie wnęk wydłuża czas życia Touscheka o czynnik 3. Ze względu na trwający rozruch linii eksperymentalnych oraz pomiary użytkowników wymagana jest stabilność wiązki i jej powtarzalność. Badania prowadzone w tym kierunku wykazały, że orbita elektronów jest powtarzalna od iniekcji do iniekcji w zakresie dziesiętnych mikrona. Największa obawa związana jest ze stabilnością termiczną pierścienia akumulacyjnego, która aktualnie oscyluje w zakresie $1,5^{\circ}\text{C}$, wpływając na oscylacje wiązki. Aby wyeliminować te efekty, w najbliższej przyszłości wprowadzone zostaną zmiany w systemie wody chłodzącej.

W ostatnim czasie orbita wiązki elektronowej została poprawiona i aktualne wartości oscylacji orbity rms w obu płaszczyznach wynoszą poniżej $1\text{ }\mu\text{m}$. Ponadto podczas letniego okresu utrzymaniowego w 2018 r. została zainstalowana i uruchomiona linia diagnostyczna pinhole. Pomyślna instalacja i rozruch linii na twarde X pinhole pozwala obecnie mierzyć emitancję wiązki i pomaga w prawidłowym strojeniu wnęk Landaua, co z kolei zapobiega niestabilnościom. Zmierzony profil wiązki został zaprezentowany na rysunku 3.

Rozkład czasu działania synchrotronu w 2016 i 2017 zaprezentowano na rysunkach 4 i 5. W 2016 r. 21 tygodni przeznaczono na badania i testy akceleratorów, natomiast 17 tygodni – na rozruch linii pomiarowych. Synchrotron był wyłączony w sumie przez 14 tygodni. W 2017 r. również 14 tygodni przeznaczonych było na prace utrzymaniowe. Ze względu na instalację i poprawę działania istniejących linii tylko 15 tygodni przeznaczono na uruchamianie linii pomiarowych, reszta czasu (23 tygodnie) została wykorzystana na optymalizację parametrów synchrotronu. Od 1 października 2018 r. synchrotron jest w trybie działania dla użytkownika.

beamline allows the emittance to now be measured and helps in proper tuning of 3rd harmonic cavities against coupled bunch mode instabilities. The measured beam profile is presented in figure 3.

The operation time of the storage ring distribution in 2016 and 2017 is presented in figure 4 and 5. In 2016, 21 weeks of operation were dedicated for machine studies and commissioning, and 17 weeks were devoted to beamline commissioning. The machine was shut down in total for 14 weeks. In 2017, 14 weeks were also scheduled for the shutdown period. Due to ongoing installation and improvements on the existing beamlines, only 15 weeks were dedicated to the beamlines and the rest of time (23 weeks) was used for machine optimisation. Since 1 October 2018, the SOLARIS storage ring has been in the user operation mode.



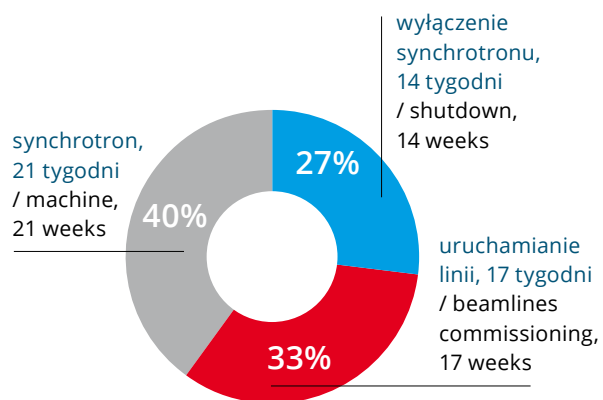
Rysunek 3. Profil wiązki obserwowany na linii diagnostycznej pinhole

Figure 3. The beam profile observed at the pinhole diagnostic beamline

PARAMETR / PARAMETER	WARTOŚĆ PROJEKTOWANA / DESIGNED VALUE	WARTOŚĆ ZMIERZONA / MEASURED VALUE
Energia elektronów / Electron energy	1.5 GeV	1.45 ±0.05 GeV
Maksymalny prąd / Max. current	500 mA	500 mA
Liczba krążących w pierścieniu pakietów elektronowych / Harmonic numer	32	32
Naturalna emitancja (bez urządzeń wstawkowych) / Natural emittance (bare lattice)	5.982 nmrad	6.5 nmrad
Sprężenie / Coupling	1%	0.83%
Dostrojenie v_x, v_y / Tune v_x, v_y	11.22, 3.15	11.22, 3.15
Skorygowana chromatyczność ξ_x, ξ_y / Corrected chromaticity ξ_x, ξ_y	+2, +2; +1, +1	+1.4, +1.6; +0.9, +0.9
Straty energii/obieg / Energy loss/turn	114.1 keV	103.7 ±12.3 keV
Akceptancja pędu / Momentum acceptance	4%	3.7±(0.3)%
Faza synchroniczna / Synchronous phase	168°	167.4° ±2.7°
Dostrojenie synchrotronowe / Synchrotron tune	0.00239	0.00228
Akceptancja fizyczna horyzontalna/wertykalna / Physical acceptance horizontal/vertical	18/4 mmrad	15.68/3.77 mmrad
Całkowity czas życia elektronów / Lifetime	13 h	10 h

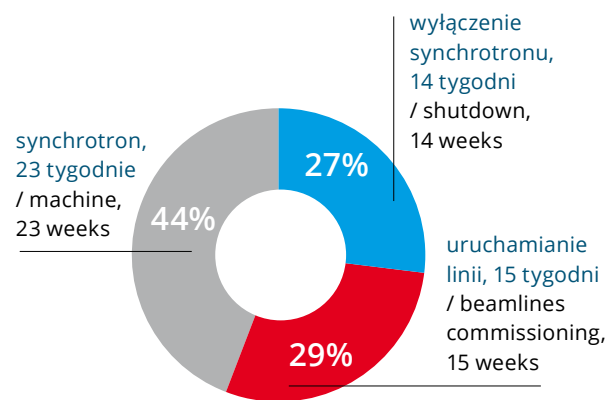
Tabela 2. Zaprojektowane i zmierzone parametry wiązki w pierścieniu akumulacyjnym

Table 2. The designed and measured SOLARIS storage ring parameters



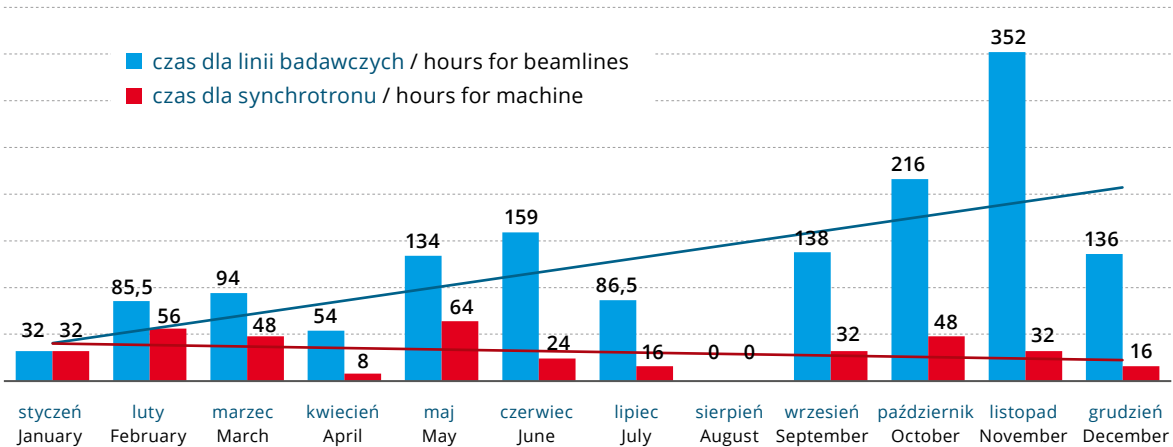
Rysunek 4. Działanie synchrotronu SOLARIS w 2016 r.

Figure 4. The SOLARIS synchrotron operation in 2016



Rysunek 5. Działanie synchrotronu SOLARIS w 2017 r.

Figure 5. The SOLARIS synchrotron operation in 2017



Rysunek 6. Czas dedykowany akceleratorom i liniom pomiarowym w 2018 r.
Figure 6. Time dedicated for the machine and beamlines over 2018

W 2018 r. synchrotron SOLARIS pracował dla linii pomiarowych przez 1 328 godzin. Całkowita dostępność wiązki osiągnęła poziom 90,4%. Około 376 godzin przeznaczono na optymalizację akceleratorów pod kątem użytkownika. Rozkład czasu między linie pomiarowe i akceleratory prezentuje rysunek 6. W tabeli 3 został zestawiony prąd dostarczony dla użytkowników przez pierwsze trzy miesiące działania. Średni prąd dostarczany w tym okresie wynosił 270 mA. Średni czas

In 2018, the SOLARIS storage ring ran more than 1 328 h for beamline commissioning and users. A total beam availability of 90.4% was reached. About 376 h were dedicated to the optimization of the accelerators for the users. The time distribution between machine and beamlines is presented in figure 6. In table 3, the current delivered to the users over first 3 months of user operation is presented. The average operating current was 270 mA. The mean time before failure

	DOSTĘPNOŚĆ / AVAILABILITY	MTBF[H]	MTTR [H]	I AVMAX
październik / October	97.2%	19.1	0.9	250 mA
listopad / November	96%	28.2	1.0	262 mA
grudzień / December	99.1%	44.9	0.4	298.5 mA
2018	90.4%	16.3	1.5	270 mA

Tabela 3. Statystyki działania w 2018 r. oraz przez okres trzech miesięcy pracy w modzie użytkownika
Table 3. Operation statistics in 2018 and for the first three months of user operation

między okresami niespodziewanych przerw w działaniu (MTBF) w 2018 r. wyniósł 16,3 godziny, natomiast średni czas powrotu do działania (MTTR) – 1,5 godziny. Częstkowe i całkowite statystyki za okres pracy w mo-dzie użytkownika zestawione zostały w tabeli 3.

Plany na przyszłość

Przez ponad dwa lata pracy synchrotronu SOLARIS osiągnięte zostały bardzo dobre wyniki urządzenia. Wciąż jednak wymagana jest drobna adjustacja optyki liniaka i pierścienia akumulacyjnego. W najbliższym czasie planowane są pomiary emitancji, rozmycia energetycznego, parametrów Twissa, LOCO, czasu życia i inne. Ze względu na ciągłą pracę nad poprawą wydajności iniekcji planowany jest rozwój systemu „choppera”, co pozwoli na zwiększenie efektywności iniekcji z 60% do 100%.

Pierścień akumulacyjny znajduje się w fazie ciągłego rozwoju. Planowana jest instalacja i uruchomienie urządzeń wstawkowych dla nowych linii pomiarowych. Wymaga to w dalszej kolejności optymalizacji liniowej i nieliniowej optyki z tymi urządzeniami. Celem zapewnienia stabilnej wiązki w długim okresie prowadzone są badania nad niestabilnościami wiązki oraz nad ich zażegnaniem dzięki systemom pętli sprzężenia zwrotnego działającym na pakiety wiązki. Planowana jest również instalacja i uruchomienie systemu szybkiej korekcji wiązki, celem jej stabilizacji podczas pracy urządzeń wstawkowych.

W 2019 r. planowana jest także instalacja nowej linii diagnostycznej na światło widzialne. Da ona możliwość pomiaru poprzecznych i podłużnych parametrów wiązki. Prowadzone są też prace nad projektem pełnoenergetycznego liniaka z iniekcją w trybie dopełniania (top-up). Jeśli chodzi o działanie synchrotronu, to prowadzone są prace przygotowawcze do dostępności wiązki przez 5 000 godzin w ciągu roku, co oznacza pracę ośrodka 24 godziny, siedem dni w tygodniu.

(MTBF) in 2018 was 16.3 h, whereas the mean time to recover (MTTR) was 1.5 h. The partial statistics over user operation months are gathered in table 3.

Future plans

A very good level of performance of the SOLARIS synchrotron has been reached over the last 2 years of operation. However, some fine-tuning of the linac and storage ring optics is still required. For the near future, measurements of emittance, energy spread, Twiss parameters, LOCO, lifetime, etc. are planned. Since there is continuous work on injection efficiency improvement, a chopper system upgrade will be implemented to increase the injection efficiency from 60% up to 100%.

The SOLARIS storage ring is under permanent development. New insertion devices for new beamlines are planned to be installed and made operational. Therefore, an effort to optimize linear and nonlinear optics with new devices is being made. To keep the beam stable for long time, beam instabilities are being studied and cured with bunch by bunch feedback systems which are planned to be developed and installed. Moreover, to keep the beam stable during IDs operations, fast orbit feedback is planned to be installed and made functional.

A new diagnostic beamline based on visible light is going to be installed in 2019. This will make it possible to measure the transversal as well as the longitudinal electron beam parameters. There are also ongoing studies on a full energy linac and top-up injection.

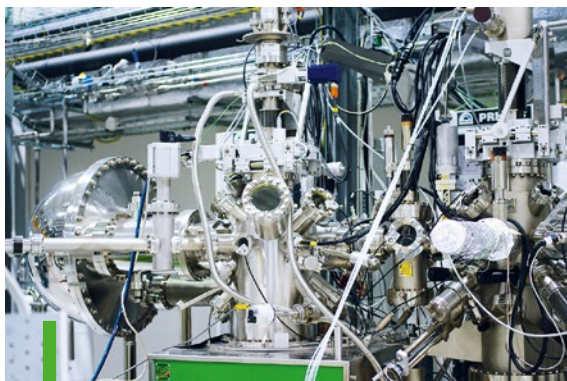
From the operational point of view, the preparation work is being done to have the facility delivering a beam to users for more than 5 000 h per year, which means 24 h/7 days operation.

Linie badawcze

*opracowanie zbiorowe pod redakcją
Jacka Szade*

Linie działające

UARPES (ang. *ultra angle-resolved photoemission spectroscopy*): linia dostarcza fotony w zakresie próżniowego ultrafioletu do badań techniką kątowno-rozdzielczej spektroskopii fotoelektronów (ARPES). Technika ta zajmuje wśród metod badań struktury materii niezwykle ważne miejsce, ponieważ pozwala na pomiar fundamentalnych dla elektronów parametrów: energii i pędu. Dzięki tej technice możliwe są szybkie i szczegółowe badania struktury pasmowej w trzech wymiarach z uwzględnieniem efektów korelacji elektronowych. Technika badawcza ARPES ma podstawowe znaczenie dla rozwoju nauki i technologii, gdyż pozwala na doświadczalne wyznaczenie pasmowej struktury elektronowej materii. Struktura elektronowa z kolei determinuje wszystkie właściwości fizyczne i chemiczne materiałów. Przykładowe obszary zastosowań badań przy wykorzystaniu linii UARPES: fizyka nadprzewodników, nowe materiały elektroniczne, materiały niskowymiarowe.



Stacja badawcza UARPES

The UARPES end station

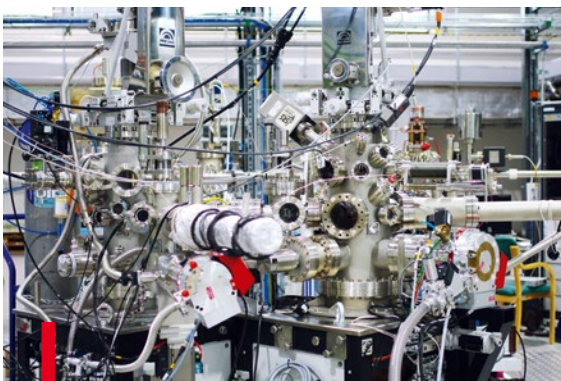
fot./photo: Agata Chreścijanek

Beamlines

*collaborative work edited by
Jacek Szade*

Active beamlines

UARPES: the beamline delivers vacuum ultraviolet photons for research using angle-resolved photoemission spectroscopy (ARPES). This technology occupies an exceptionally important place among techniques for structural studies as it makes it possible measurement of the fundamental electron parameters: energy and momentum. Thanks to this technology, it is possible to quickly and precisely study band structure in 3D with allowance for electronic correlation effects. The ARPES research technology is of prime importance for the development of science and technology as it allows for experimental demarcation of the electronic band structure of matter. The electronic structure in turn determines all of the physical and chemical properties of the material. Some of the possible applications for research using the UARPES beamline include research on superconductors, new electronic materials, and low dimensional materials.



Stacja badawcza XAS

The XAS end station

fot./photo: Agata Chreścijanek

PEEM/XAS (ang. *photoemission electron microscopy / X-ray absorption spectroscopy*): linia wykorzystuje promieniowanie synchrotronowe emitowane przez magnes zakrzywiający i jest dedykowana do pomiarów mikroskopowych i spektroskopowych w zakresie miękkiego promieniowania rentgenowskiego. Linia pozwala na zaawansowane badania właściwości chemicznych i elektronowych, strukturalnych oraz magnetycznych, wykorzystując zjawisko rezonansowej absorpcji rentgenowskiej, a także zjawiska naturalnego dichroizmu liniowego (XNLD) oraz magnetycznego dichroizmu kołowego (XMCD) i liniowego (XMLD). Linia jest wyposażona w dwie stacje pomiarowe: fotoemisyjny mikroskop elektronowy (PEEM) oraz uniwersalną stację do badania widm absorpcji rentgenowskiej (XAS). Linia PEEM/XAS może być wykorzystywana w takich dziedzinach jak szeroko pojęta nauka o materiałach, fizyka, chemia, nauki o ziemi, nauki biologiczne i medyczne.

Linie budowane

XMCD: Linia będzie wykorzystywać promieniowanie o zmiennej polaryzacji emitowane przez undulator EPU (ang. *elliptically polarizing undulator*). Jej koncepcja zakłada współistnienie dwóch gałęzi pomiarowych, w których końcowymi stacjami badawczymi będą mikroskopy PEEM i STXM. Gałąź PEEM będzie zawierała dodatkowo stację oktopolową, przystosowaną do pomiarów dichroizmu magnetycznego w absorpcji rentgenowskiej w polu magnetycznym o zmiennym ukierunkowaniu. Stacja PEEM (fotoemisyjny mikroskop elektronowy) wraz ze standardowym wyposażeniem pozwoli na wytwarzanie oraz modyfikację układów badawczych oraz obrazowanie ich powierzchni w szerokim zakresie temperatur i z wysoką rozdzielczością. Niezaprzeczalną zaletą metody stanowi możliwość doboru energii wzbudzeń oraz dostrojenia się do charakterystycznych krawędzi absorpcji. Stacja STXM (skaningowy transmisyjny mikroskop rentgenowski) zapewni analizę chemiczną w nanoskali dzięki

PEEM/XAS: the PEEM/XAS is a bending magnet based beamline dedicated to microscopy and spectroscopy in the soft X-ray energy range. The beamline is designed to study chemical and electronic, structural and magnetic properties by means of XAS, XNLD (X-ray natural linear dichroism), XMCD (X-ray magnetic circular dichroism), and XMLD (X-ray magnetic linear dichroism). The beamline is equipped with two end stations: a photoemission electron microscope (PEEM), and a universal station for X-ray absorption spectroscopy (XAS). The PEEM/XAS beamline can be used in material sciences, physics, chemistry, geosciences and biosciences.

Beamlines under construction

XMCD: the beamline will use variable polarization radiation, the source of which will be the EPU (elliptically polarizing) undulator. The concept of the beamline assumes the coexistence of two measurement branches, in which the research end stations will be the PEEM microscope (photoemission electron microscope) and STXM (scanning transmission X-ray microscope). The PEEM branch will also contain an octupole station. The octupole end station will be dedicated to measurements of magnetic circular dichroism in the absorption of X-rays. The PEEM end station with standard equipment will allow for the creation and modification of research systems and imaging of their surfaces in a wide range of temperatures and with high resolution. The main advantage of the method is the ability to select the energy of excitations and the possibility to tune to the characteristic edge of the absorption. The STXM end-station will provide chemical analysis at the nanoscale through the combination of X-ray absorption spectrometry and microscopy. Potential applications of the XMCD beamline include magnetic order research, domain structure research, imaging of chemical composition, biomolecular spectroscopy, and fluorescence detection. The beamline will be accessible for scientists in 2021.

połączeniu spektrometrii absorpcji promieniowania rentgenowskiego oraz mikroskopii. Potencjalne zastosowanie linii eksperymentalnej XMCD to badania uporządkowania magnetycznego i struktury domowej, obrazowanie chemiczne z bardzo wysoką rozdzielczością, spektroskopia biomolekuł. Linia zostanie udostępniona naukowcom w 2021 r.

PHELIX: Linia będzie wykorzystywać miękkie promieniowanie rentgenowskie wytwarzane przez undulator typu APPLE II z magnesami stałymi. Tego typu urządzenie wstawkowe daje możliwość otrzymania zmiennej polaryzacji światła: polaryzacji liniowej pod dowolnym kątem, polaryzacji kołowej i eliptycznej. Stacja końcowa PHELIX umożliwi szeroki zakres badań spektroskopowych i absorpcyjnych, charakteryzujących się różną czułością powierzchniową. Oprócz zbierania standardowych wysokorozdzielczych widm fotoelektronów pozwoli ona np. na mapowanie struktury pasmowej w trzech wymiarach oraz detekcję spinu w trzech wymiarach. Linia znajdzie zastosowania w badaniach nowych materiałów (spintronika, magnetoelektronika, izolatory topologiczne) oraz cienkich warstw i wielowarstw, włączając w to próbki wytworzone in situ; w powierzchniowych badaniach materiałów litych, badaniach powierzchniowego magnetyzmu i stanów powierzchniowych spolaryzowanych spinowo; badaniach reakcji chemicznych zachodzących na powierzchni, a także w badaniach modelowych katalizatorów i biomateriałów. Linia zostanie oddana do użytku w 2020 r.

SOLABS: linia spektroskopii absorpcyjnej promieniowania rentgenowskiego, dla której źródłem światła synchrotronowego będzie magnes zakrzywiający. Linia będzie dostarczać fotony w szerokim zakresie energii, co pozwoli przeprowadzać pomiary na krawędziach absorpcji wielu pierwiastków. Stacja badawcza będzie więc przeznaczona do badań materiałowych, zarówno o charakterze podstawowym, jak i aplikacyjnym. Liderem projektu, dzięki któremu powstanie infrastruktura badawcza, jest Hochschule Niederrhein, University of Applied Sciences z Niemiec, natomiast



Transport undulatora linii PHELIX do synchrotronu

The transport of the PHELIX beamline undulator to the synchrotron

foto./photo: Agata Chreścianek

PHELIX: PHELIX is a beamline using soft X-rays, the source of which is an APPLE II undulator with permanent magnets. This type of insertion device gives the opportunity to obtain a variable polarization of light: linear polarization at any angle as well as circular and elliptical polarization. The PHELIX end station will enable a wide range of spectroscopic and absorption studies characterized by different surface sensitivity. Besides collecting standard high-resolution spectra, it will allow, among other things, the band structure to be mapped and the spin to be detected in three dimensions. The beamline will be used in research of new materials for spintronics and magneto-electronics, topological insulators, thin films and multilayer systems including samples obtained in-situ, surface of bulk compounds, surface magnetism, spin polarized surface states, chemical reactions taking place on the surface, and biomaterials. The beamline will be put into operation in 2020.

SOLABS: an X-ray absorption spectroscopy beamline, whose synchrotron light source will be a bending magnet. The line will deliver photons within a broad energy range, allowing measurements to be conducted at the absorption edges of many elements. The end

partnerem przedsięwzięcia – Synchrotron Light Research Institute z Tajlandii.

SOLCRYS: Linia do badań strukturalnych, która będzie wykorzystywać twarde promieniowanie rentgenowskie (do 25 keV) emitowane przez wiggler nadprzewodzący. Dwie stacje badawcze umożliwią pomiary w oparciu o techniki:

- dyfrakcji promieniowania rentgenowskiego na monokryształach makrocząsteczek biologicznych
- małokątowego rozpraszania promieniowania rentgenowskiego (SAXS)
- dyfraktometrii proszkowej.

Linia znajdzie zastosowania w badaniach:

- struktur przestrzennych makrocząsteczek biologicznych;
- struktur atomowych szerokiej gamy materiałów krystalicznych;
- struktur krystalicznych materiałów funkcjonalnych pod wysokim ciśnieniem;
- strukturalnych przejść fazowych indukowanych wysokim ciśnieniem czy temperaturą;
- struktury niskorozdzielczej w roztworze obiektów makromolekularnych (wielkocząsteczkowych kompleksów białkowych, białek inherentnie nieuporządkowanych, białek błonowych, wirusów oraz cząstek wirusopodobnych, błon biologicznych, kwasów nukleinowych czy systemów do dostarczania leków);
- organizacji molekularnej układów nieuporządkowanych lub częściowo uporządkowanych.

Budowa linii będzie wymagała poszerzenia hali eksperymentalnej Centrum SOLARIS. Zakończenie całej inwestycji planowane jest na 2022 r. SOLCRYS powstanie dzięki współpracy Uniwersytetu Jagiellońskiego ze Zjednoczonym Instytutem Badań Jądrowych w Dubnej (Rosja).

station will therefore be intended for materials research of both a basic and applied nature. The project leader, thanks to whom the research infrastructure will be created, is Hochschule Niederrhein, University of Applied Sciences of Germany, while the project partner is the Synchrotron Light Research Institute of Thailand.

SOLCRYS: a wiggler-based, high energy X-ray beamline (up to 25 keV) for structural studies. Two end stations will enable measurements using various techniques:

- single crystal diffraction (in particular macromolecular crystallography – MX)
- small-angle X-ray scattering (SAXS)
- powder diffractometry.

The beamline will enable following studies:

- determination of spatial structures of biological macromolecules;
- studies on atomic structures of various crystalline materials;
- studies on crystal structures of functional materials under high pressure;
- characterizations of structural phase transitions induced by high pressure or temperature;
- analyses of low-resolution structures in solutions of macromolecular systems (protein complexes, intrinsically disordered and membrane proteins, viruses and virus-like particles, biological membranes, nucleic acids or drug delivery systems);
- studies on molecular organization of disordered or partially ordered systems.

The construction of the beamline will involve the extension of the SOLARIS Centre's experimental hall. The investment's completion is planned for 2022. The SOLCRYS beamline will be built thanks to the co-operation of the Jagiellonian University with the Joint Institute for Nuclear Research in Dubna (Russia).

Linie planowane

W chwili obecnej Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego rozpatruje trzy wnioski SOLARIS o dofinansowanie inwestycji w zakresie dużej infrastruktury badawczej. Wnioski dotyczą budowy dwóch linii badawczych: FTIR i POLYX, a także budowy stacji badawczej STXM.

FTIR: linia badawcza mikroskopii absorpcyjnej w zakresie podczerwieni wraz z obrazowaniem. Budowa linii umożliwi wykonywanie analiz chemicznych w skali mikro i badań oddziaływań międzymolekularnych w szerokim zakresie od dalekiej podczerwieni, poprzez średnią, aż do bliskiej podczerwieni. Tak szeroki zakres spektralny na jednym urządzeniu jest bardzo rzadko spotykany i pozwoli na podjęcie nowej jakości prac badawczych, rozwojowych i aplikacyjnych w biomedycynie, nanotechnologii, naukach o środowisku i wielu innych dziedzinach. Planowane badania umożliwią między innymi ukierunkowanie syntezy potencjalnych leków i ich projektowanie. Jeśli budowa linii zostanie dofinansowana z budżetu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, rozpocznie się w 2019 r. i zakończy w 2022 r.

POLYX: linia badawcza będzie umożliwiać wysokorozdzielcze multimodalne obrazowanie w zakresie twardego promieniowania rentgenowskiego. Zastosowanie nowatorskich rozwiązań w zakresie optyki rentgenowskiej, detektorów pikselowych oraz technik eksperymentalnych pozwoli na uzyskanie parametrów typowych dla znacznie większych synchrotronów niż SOLARIS. W zależności od konfiguracji eksperymentalnej i zastosowanej techniki linia POLYX pozwoli na obrazowanie próbek o różnych wielkościach z rozdzielczościami przestrzennymi od 50 μm aż do 100 nm. Stanowiska badawcze na linii POLYX będzie można w łatwy sposób modyfikować, co będzie się łączyć z możliwością stosowania innych synchrotronowych metod pomiarowych. Co więcej, ze względu na uniwersalny charakter, linia POLYX może także służyć jako linia badawcza do testowania nowych rozwiązań dotyczących optyki rentgenowskiej i detektorów. Jeśli

Planned beamlines

At present, the Ministry of Science and Higher Education is considering three applications from SOLARIS for funding of investment in large research infrastructure. The applications regard the construction of two beamlines, the FTIR and POLYX, as well as the construction of an STXM end station.

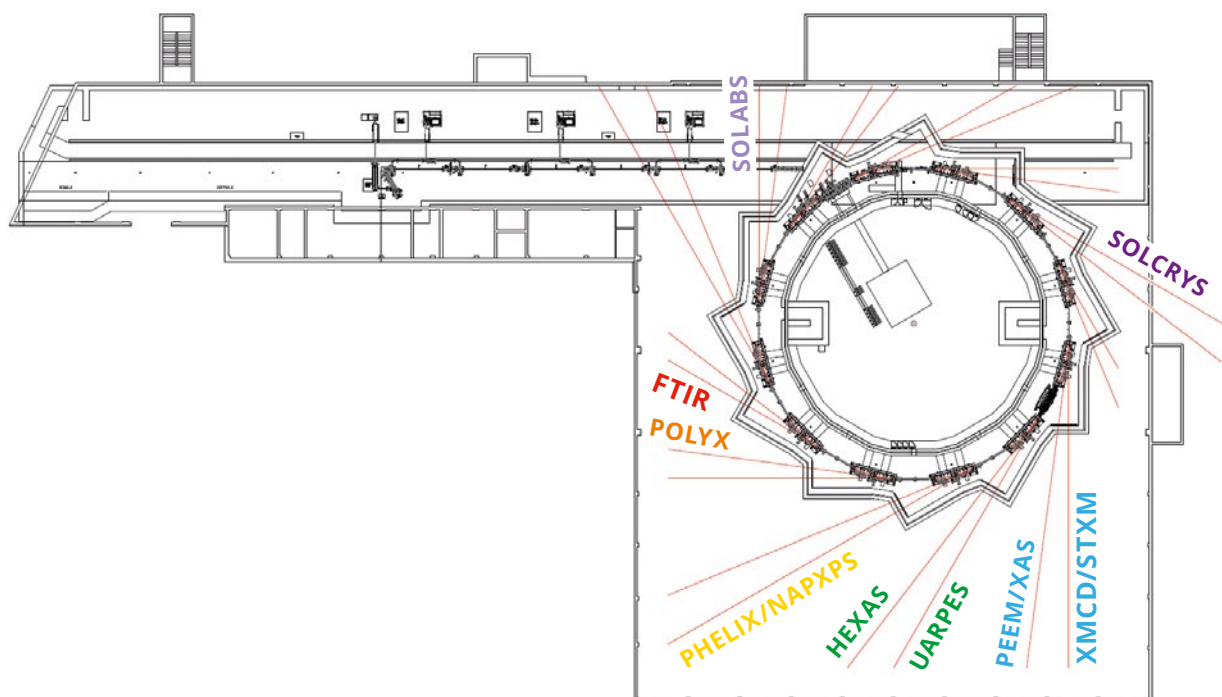
FTIR: an absorption infrared microscopy beamline (FTIR) with imaging. The construction of this beamline will allow for micro-scale chemical analysis and research on intermolecular forces in a broad range, from far infrared through mid-wavelength to near infrared. Such a broad spectra range on a single device is uncommon and will make possible a new level of research to be undertaken, including developmental and application studies in biomedicine, nanotechnology, environmental studies and many other scientific disciplines. The planned studies will facilitate, among others, targeting of the synthesis of potential medicines and their design. If the project receives co-financing from the budget of the Ministry of Science and Higher Education, construction of the beamline will begin in 2019 and be completed in 2022.

POLYX: a beamline which will enable high-resolution multi-modal imaging in the hard X-ray range. The use of innovative solutions in X-ray optics, pixel detectors, and experimental techniques will allow parameters to be achieved which are typical for synchrotrons which are much larger than SOLARIS. Depending on the experimental configuration and technique used, the POLYX beamline will enable imaging of samples of various sizes with spatial resolutions of from 50 μm to as much as 100 nm. The end stations on the POLYX beamline will be capable of being easily modified, allowing for the application of different synchrotron measurement methods. Additionally, the POLYX beamline may be used for testing new solutions in X-ray optics and detectors. If the project receives co-financing from the budget of the Ministry of Science and Higher Education, the construction of the beamline will begin in 2019 and be completed in 2022.

budowa linii zostanie dofinansowana z budżetu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, rozpocznie się w 2019 r. i zakończy w 2022 r.

STXM: stacja badawcza skaningowej transmisyjnej mikroskopii rentgenowskiej będzie stanowić element gałęzi linii badawczej XMCD. Skaningowy mikroskop rentgenowski jest najbardziej uniwersalnym ze wszystkich typów mikroskopów rentgenowskich, umożliwiając naukowcom z wielu dziedzin badania obrazowania w skali nanometrycznej. Urządzenie zapewnia między innymi analizę chemiczną w nanoskali poprzez kombinację spektrometrii absorpcji promieniowania rentgenowskiego i mikroskopii. W ostatnich kilku latach mikroskopy tego typu zostały zainstalowane w wielu synchrotronach na świecie. Tym samym praktycznie każde z nowoczesnych centrów badań promieniowania synchrotronowego posiada, buduje lub planuje przynajmniej jeden mikroskop typu STXM. Jeśli budowa stacji badawczej zostanie dofinansowana z budżetu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, rozpocznie się w 2019 r. i zakończy w 2021 r.

STXM: an end station for scanning transmission microscopy which will comprise an element of the XMCD beamline. The X-ray scanning microscope is one of the most universal types of X-ray microscopes, one which allows researchers from many scientific disciplines to conduct imaging research at the nanoscale. The device will enable, among others, nanoscale chemical analysis via a combination of X-ray absorption spectrometry and microscopy. In recent years, microscopes of this type have been installed at many synchrotrons around the world. Thus, nearly all modern synchrotron research facilities either already possess, are in the process of constructing, or plan to construct at least one STXM microscope. If the project receives co-financing from the budget of the Ministry of Science and Higher Education, the construction of the end station will begin in 2019 and be completed in 2021.



Użytkownicy

Alicja Górkwicz

W 2018 r. Centrum SOLARIS przeprowadziło dwa pierwsze nabory wniosków o dostęp do stanowisk pomiarowych synchrotronu. Naukowcy z Polski i z zagranicy mogli składać wnioski o przyznanie czasu badawczego na stanowiskach PEEM, XAS oraz UARPES.

Pierwszy nabór wniosków trwał od 1 kwietnia do 25 maja 2018 r. Złożono w nim 42 wnioski (UARPES – 13; PEEM – 13; XAS – 16). Międzynarodowa komisja zaakceptowała 23 aplikacje (UARPES – 8; PEEM – 8; XAS – 7). Eksperymenty zaplanowano na okres od 1 października 2018 r. do 1 marca 2019 r. Drugi nabór wniosków został otworzony 1 września 2018 r. Termin nadsyłania aplikacji minął 1 października 2018 r. W naborze złożono 24 wnioski (UARPES – 4; PEEM – 9; XAS – 11), z których zaakceptowano 15 (UARPES – 4; PEEM – 4; XAS – 7). Pomiary będą prowadzone w okresie od 1 marca do 15 lipca 2019 r.

Zaakceptowane w pierwszym i drugim naborze aplikacje zostały złożone przez naukowców z 22 uczelni i instytutów badawczych, w tym 15 polskich i 7 zagranicznych: Akademii Górniczo-Hutniczej (12 zaakceptowanych wniosków); Uniwersytetu Jagiellońskiego (4 zaakceptowane wnioski); Instytutu Fizyki Polskiej Akademii Nauk (4); Instytutu Katalizy i Fizykochemii Powierzchni Polskiej Akademii Nauk (3); Politechniki Warszawskiej (1); Politechniki Gdańskiej (1); Uniwersytetu Łódzkiego (1); Uniwersytetu Warszawskiego (1); Uniwersytetu Rzeszowskiego (1); Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk (1); Uniwersytetu Mikołaja Kopernika (1); centrum MagTop (Instytut Fizyki Polskiej Akademii Nauk; 1); the Institute of Bioengineering of Catalonia, Hiszpania (1); Slovak Academy of Science, Słowacja (1); University of Tartu, Estonia (1); University of Linz, Austria (1); the Center for Physical Sciences and Technology (FTMC),

Users

Alicja Górkwicz

In 2018, the SOLARIS Centre conducted its first two calls for applications for access to the end stations of the synchrotron. Scientists from Poland and from abroad had the opportunity to submit applications for beam time at the PEEM, XAS and UARPES stations.

The first call for proposals ran from 1 April to 25 May 2018. In total, 42 applications were submitted (UARPES – 13; PEEM – 13; XAS – 16). The international commission accepted 23 of these (UARPES – 8; PEEM – 8; XAS – 7). Experiments were planned for the period from 1 October 2018 to 1 March 2019. The second call for proposals was opened on 1 September 2018. So far, 24 applications have been submitted (UARPES – 4; PEEM – 9; XAS – 11), of which 15 have been accepted (UARPES – 4; PEEM – 4; XAS – 7). Experiments will be conducted in the period from 1 March to 15 July 2019.

Applications accepted in the first and second calls were submitted by researchers from 22 universities and research facilities, of which 15 were Polish and 7 foreign: the AGH University of Science and Technology (12 accepted proposals); the Jagiellonian University (4 accepted proposals); the Institute of Physics of the Polish Academy of Sciences (4); the Jerzy Haber Institute of Catalysis and Surface Chemistry of the Polish Academy of Sciences (3); the Warsaw University of Technology (1); the Gdańsk University of Technology (1); the University of Łódź (1); the University of Warsaw (1); the University of Rzeszów (1); the Institute of Nuclear Physics of the Polish Academy of Sciences (1); the Nicolaus Copernicus University (1); MagTop (the Institute of Physics of the Polish Academy of Sciences; 1); the Institute of Bioengineering of Catalonia, Spain (1); Slovak Academy of Science, Slovakia (1); the University of Tartu, Estonia (1); the University of Linz, Austria (1); the Center for Physical Sciences and

STANOWISKO POMIAROWE / END STATION	LICZBA ZŁOŻONYCH WNIOSKÓW / NUMBER OF SUBMITTED PROPOSALS	CZAS, O KTÓRY ZAWNIOSKOWALI UŻYTKOWNICY (LICZBA ZMIAN, 1 ZMIANA = 8 H) / TIME REQUESTED BY THE USERS (NUMBER OF SHIFTS, 1 SHIFT = 8 H)		CZAS OFEROWANY W NABORZE SOLARIS (LICZBA ZMIAN, 1 ZMIANA = 8 H) / TIME OFFERED IN THE SOLARIS CALL (NUMBER OF SHIFTS, 1 SHIFT = 8 H)
PEEM	22	168	349	232
XAS	27	181		
UARPES	17	160		232
suma / total	66	509		464

Tabela 1. Statystyki naborów wniosków SOLARIS w 2018 r. (łącznie pierwszy i drugi nabór)

Table 1. The calls for proposals statistics (summary of the first and the second call)

Litwa (1); Charité – Universitätsmedizin Berlin, Niemcy (1); Institut za fiziku, Chorwacja (1).

Dodatkowo w 2018 r. stanowiska pomiarowe SOLARIS zostały udostępnione użytkownikom Konsorcjum Środkowoeuropejskiej Infrastruktury Badawczej CERIC-ERIC, w ramach dwóch naborów. Pierwszy nabór był otwarty od 1 lutego do 1 kwietnia 2018 r., drugi od 3 lipca do 1 października 2018 r. W pierwszym do SOLARIS zostało złożonych pięć aplikacji, z których trzy zostały zaakceptowane. W drugim złożono trzy aplikacje, z których zostały zaakceptowane dwie.

Od 1 października do 31 grudnia 2018 r., czyli w pierwszych trzech miesiącach, gdy Centrum SOLARIS było dostępne dla użytkowników, przeprowadzonych zostało w ośrodku 21 eksperymentów, w tym siedem eksperymentów na stanowisku UARPES i 14 na linii PEEM/XAS. Użytkownicy spędzili w ośrodku w sumie 39 dni, czyli 78 zmian (624 godziny).

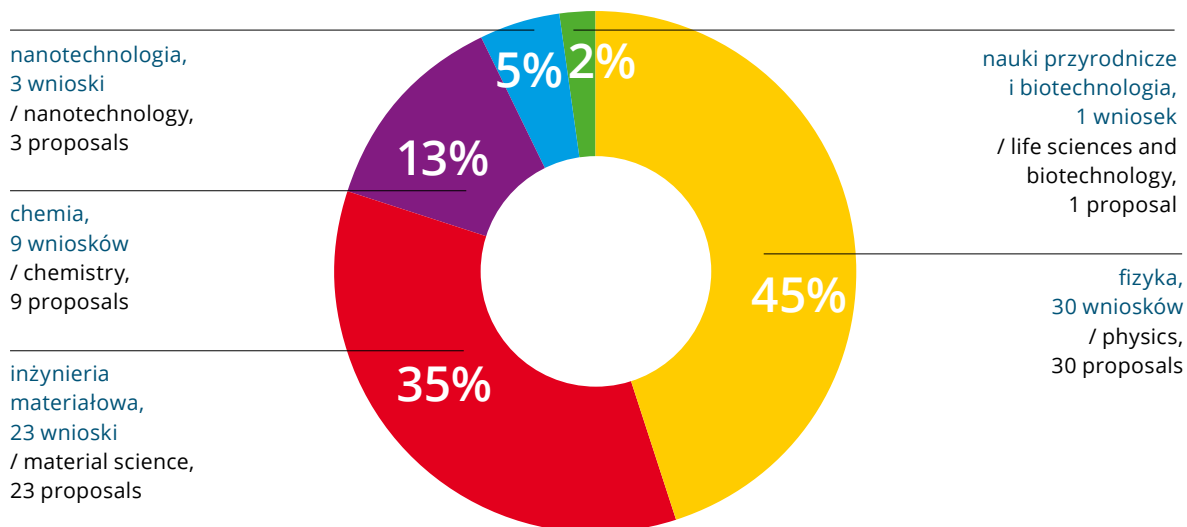
Technology (FTMC), Lithuania (1); Charité – Universitätsmedizin Berlin, Germany (1); Institut za fiziku, Croatia (1).

Additionally, in 2018 the SOLARIS end stations were made available to users from the CERIC-ERIC consortium during two calls for proposals. The first of these was opened from 1 February to 1 April 2018, and the second from 3 July to 1 October 2018. In the first call, five applications were submitted, of which three were accepted. In the second call, three proposals were submitted, of which two were accepted.

From 1 October to 31 December 2018, that is in the first three months during which SOLARIS was accessible to users, 21 experiments were conducted, including 7 experiments at the UARPES end station and 14 at the PEEM/XAS beamline. In total, researchers spent 39 days, or 78 shifts comprising a total of 624 hours, at the Centre.

Dziedziny nauk, do których przyporządkowano wnioski o czas badawczy w SOLARIS

Fields of science which applications for SOLARIS beam time were assigned to



Użytkownicy linii badawczej PEEM/XAS

PEEM/XAS beamline users

fot./photo: Katarzyna Bester-Ostrowska

Badania

Od 1 października do 31 grudnia 2018 r., przeprowadzonych zostało w SOLARIS 21 eksperymentów. Oto opisy 10 z nich oraz streszczenie pierwszej publikacji naukowej, do której przygotowania wykorzystane zostały pomiary przeprowadzone na linii badawczej SOLARIS.

Research

From 1 October to 31 December 2018, 21 experiments were carried out in SOLARIS. Descriptions of 10 of them can be found below. We present also a summary of the first scientific publication, for the preparation of which measurements conducted on the SOLARIS beamline were used.

XAS end station

→ Determination of spin state transition in $\text{Ba}(\text{La,Gd})\text{Co}_2\text{O}_6$ layered perovskites

First author: Aleksandra Mielewczyk-Gryń, the Gdańsk University of Technology

Co-Authors: Agnieszka Witkowska, Sebastian Wachowski, Ragnar Strandbakke

The materials of proposed research belong to a series of $\text{BaGd}_x\text{La}_{1-x}\text{Co}_2\text{O}_{6-\delta}$ ($x = 0-1$) perovskite structure oxides which are one of the most promising cathode materials for proton conducting fuel cells (PCFCs) and electrolyzers (PCEs) operating at elevated temperatures. The proposal included XAS measurements on the oxygen K-edge which supposed to allow to determine the spin state of cobalt (and the

spin state transition induced by stoichiometry and/or temperature) and to link this information to the others properties of materials such as local geometric structure, oxidation state and hydration performance. The investigation supposed to fill the knowledge gap concerning the structure of BGLC compounds and allow us to understand its hydration properties and proton transport.

XAS end station

→ Electron structure studies of polynuclear complexes with oxalato bridges

First author: Tadeusz M. Muzioł, the Nicolaus Copernicus University in Toruń

We synthesized several compounds mainly with oxalate as bridging ligands coordinated to 3d-electron metal ions and lanthanides interesting because of materials chemistry (sharing magnetic and e.g. luminescent properties). The preliminary results revealed interesting structural (obtained at BESSY II) and magnetic features (at the Jagiellonian University). The performed magnetic studies showed interactions between paramagnetic ions but details of their

couplings remain unknown. Hence, access to synchrotron radiation and XAS methods would allow us to perform measurements to get deeper understanding of electron structure for our complexes and metal-ligand interactions (differential orbital covalency). We aimed to perform data collections for L2,3 edge of selected 3d metals (Cr, Fe) and K edge of O and the obtained XAS spectra supposed to be reproduced by theoretical calculations.

→ Silanes modification of organic and inorganic surfaces for organic electronics and biosensor applications

First author: Jakub Rysz, the Jagiellonian University

Co-Author: Katarzyna Gajos

Biosensing is a flagship application of silanes where they are used to promote adsorption of biomolecules on silicon surface. We showed that silane layers can also modify surface energy and work function of organic semiconductors used as anode in OLED and photovoltaics. The structure of adsorbed silane layer strongly affect properties of both biosensors as well as organic electronic devices. In the proposed project the PEEM microscopy and NEXAFS were applied

to analysis of silicon and PEDOT:PSS surfaces after silanization. PEEM microscopy with XAS contrast was applied to analysis of silicon surfaces after modification with silanes and immobilization of IgG antibody aiming at evaluation of the surface functionalization effectiveness and homogeneity. PEEM microscopy and NEXAFS were used to study the distribution and orientation of silanes adsorbed on PEDOT:PSS.

→ Influence of ion irradiation process on magnetic domain structures in Co ultrathin films

First author: Piotr Mazalski, the Jerzy Haber Institute of Catalysis and Surface Chemistry of the Polish Academy of Sciences

Nowadays, possibility to create a patterned magnetic structure on a scale from tens of nanometers up to tens of microns with specific magnetic properties is of great technological importance. Such magnetic structures can be prepared in a particularly attractive way by focused ion beam (FIB) irradiation because of its „direct-write” nature, allowing relatively quick patterning without requiring lithographic masks or resists. We proposed an elegant method to tune the magnetic anisotropy of the ultrathin Co films, where an oscillatory behavior of the magnetization orientation driven by Ga^+ ion irradiation has been found in

Pt/Co/Pt sandwiches. Simultaneously with magnetization orientation changes, the magnetic domain structure (DS) also changed – after irradiation the domain size drastically decreased. Magneto-optical studies used for DS visualization show only magnetic contrast changes because the scale of the DS is below the magneto-optical resolution limit. Our project was aimed at revealing magnetic properties of ultrathin cobalt films patterned by FIB. We planned to investigate magnetic domain structure with element selective sensitivity on cobalt and platinum as a function of ion influence.

XAS end station

→ The doped-carrier distribution across the phase diagram of a model cuprate Hg1201

First author: Wojciech Tabiś, the AGH University of Science and Technology

Co-Authors: Neven Barišić, Izabela Biało, Naveen Kumar Chogondahalli Muniraju

The high-temperature copper-based superconductors in the undoped state are Mott insulators. Upon doping, thus increasing the carrier concentration, these materials exhibit a rich variety of ordered phases in the doping-temperature diagram. Understanding of how the doped carriers are distributed within the oxygen and copper orbitals of these materials may have an important impact on further understanding of the connection and the interplay between the ordered

states and superconductivity. We proposed to employ polarization-dependent X-ray absorption spectroscopy at the O K-Cu L-edges to study the distribution of the doping-induced empty states in a single-layer cuprate Hg1201. The spatial distribution within oxygen 2p_{x,y} and 2p_z orbitals and copper 3d states supposed to be systematically studied as a function of temperature and doping, covering multiple phases present in the phase diagram.

XAS end station

→ Local atomic structure of alkali metal atoms in Cu(In,Ga)Se₂

First author: Anna Pietnoczka, the Warsaw University of Technology

Co-Author: Aleksander Urbaniak

Ternary compounds CuIn_{1-x}Ga_xSe₂ are used as absorbers for solar cells in the most efficient thin film technology, achieving efficiency of 22.6% on a laboratory scale. Although this technology is practically usable, knowledge of several basic properties related to defects and doping of the material is limited. CIGS solar cells are commonly deposited on soda lime glass containing alkaline oxides. During the process of CIGS deposition alkali impurities, in particular sodium and potassium diffuse through the Mo back electrode into the Cu(In,Ga)Se₂ film. Since the early days of CIGS technology it has been found that incorporation of small amount, typically of the order of 1 at % of Na

into the absorber is required to obtain high efficiency. Moreover, during last years it has been found that K has similar, beneficial impact, which pushed the efficiencies up to the present record. Recent studies of Atom Probe Tomography (APT) directly revealed that Na and K mostly is located at the grain boundaries but its exact role in atomic structure is still not known. It may segregate in clusters at the grain boundaries, substitute other, specific atoms in the crystal structure or passivate dangling bonds. Therefore, the aim of this proposal was to investigate the role of Na and K in atomic structure by means of X-ray absorption fine structure.

→ How a ferromagnet drives an antiferromagnet in exchange biased CoO/Fe(110) bilayers

M. Ślęzak^{1*}, T. Ślęzak¹, P. Drózd¹, B. Matlak¹, K. Matlak¹, A. Kozioł-Rachwał¹, M. Zając², J. Korecki^{1,3}

¹ the AGH University of Science and Technology, Faculty of Physics and Applied Computer Science, Kraków, Poland

² the SOLARIS National Synchrotron Radiation Centre, the Jagiellonian University, Kraków, Poland

³ the Jerzy Haber Institute of Catalysis and Surface Chemistry PAS, Kraków, Poland

* Correspondence to: mislezak@agh.edu.pl

Full research paper: Scientific Reports, volume 9, Article number: 889 (2019)

Antiferromagnet/ferromagnet (AFM/FM) bilayers that display the exchange bias (EB) effect have been subjected to intensive material research, being the key elements of novel spintronics systems. In a commonly accepted picture, the antiferromagnet, considered as a rigid material due to its high anisotropy and magnetic hardness, controls the magnetic properties of the ferromagnet, such as a shift of the hysteresis loop or coercivity. We show that this AFM-FM master-slave hierarchy is not generally valid and that the influence of the ferromagnet on the magnetic anisotropy (MA) of the neighbouring antiferromagnet must be considered. Our computer simulation and experimental studies of EB in an epitaxial CoO/Fe(110) bilayer show that the ferromagnetic layer with strong uniaxial magnetic anisotropy determines the interfacial spin orientations of the neighbouring AFM layer and rotates its easy axis. This effect has a strong feedback on the EB effect experienced by the FM layer. Our results [1] show new physics behind the EB effect, providing a route for grafting a desired anisotropy onto the AFM and for precise tailoring of EB in AFM/FM systems.

The objects of our research were epitaxial CoO/Fe(110) bilayers grown on W(110). In the Fe/W(110) system, the smooth evolution of the intrinsic uniaxial magnetic anisotropy with the thickness of the Fe layer results in the well-known spin-reorientation-transition (SRT) [2], in which changes in the MA strength lead to the switching of the Fe easy axis. Specifically, the Fe magnetization switches from the [1–10] to the [001] in-plane direction when the Fe thickness increases above a critical value that can be tuned in the range of 100 ± 50 Å. Such an SRT,

albeit modulated by the EB effect, is also observed in CoO/Fe(110) bilayers. To trace the evolution of the interfacial AFM easy axis and the EB effect strength with the change of the effective in-plane MA of the FM layer, the magnetic hysteresis loops were measured, carefully analysed and compared to simulations, as a function of the Fe thickness.

With increasing d_{Fe} , the effective MA of the Fe layer evolves, and its easy axis reorients from the [1–10] to the bulk-like [001] direction. Simultaneously, with this SRT in the ferromagnet, another spin reorientation occurs at the AFM/FM interface. Namely, the CoO spins rotate away from the [1–10] towards the [001] in-plane direction, as presented in Figure 1. In the middle of this “double-SRT ($d_c = 125$ Å)”, the effective MA of the ferromagnet becomes zero, and therefore, the driving force for the SRT in CoO vanishes. This in turn leads to a deviation from the hypothetical monotonous evolution of Φ_{CoO} (angle defining the in-plane orientation of CoO spins) from [1–10] to [001], which is manifested by the deep change in the dependence of Φ_{CoO} on d_{Fe} around 100–150 Å. The SRT at the interface of the AFM CoO is therefore induced by the in-plane MA evolution of the FM Fe layer. We conclude that Fe magnetization acts as a local external magnetic field, which imprints the magnetic anisotropy in the adjacent CoO layer. Hence, both the interfacial orientation of AFM magnetic moments and the spontaneous EB effect strength can be tuned by the thickness-driven SRT process in the Fe film. Contrary to previous reports, no external magnetic field is necessary. Since additional magnetic anisotropy is “grafted” into the AFM, its magnetic moments do not rotate with

the applied magnetic field, and thus, the EB effect is not reduced. Consequently, the Φ_{CoO} angle remains unchanged for each given hysteresis curve (as the induced AFM anisotropy), whereas its thickness dependence is strongly affected by the SRT process in the Fe layer.

The X-ray Magnetic Linear Dichroism (XMLD) technique was applied to directly observe CoO spin reorientation transition that follows the SRT in Fe layer. For that purpose an epitaxial Fe(110) films with two distinct thicknesses corresponding to the [1-10] ($d_{\text{Fe}} = 50 \text{ \AA}$) and [001] ($d_{\text{Fe}} = 200 \text{ \AA}$) Fe spin orientation, coated by the CoO film, was studied for the $d_{\text{CoO}} = 90 \text{ \AA}$ and $45 \text{ \AA}$. In order to observe the XMLD effect, the X-ray Absorption Spectroscopy (XAS) spectra were ex-situ acquired at the XAS end station of the SOLARIS National Synchrotron Radiation Centre in Kraków, in the energy range that covers the L3 absorption edge of Co. It has to be noted that the subsequent ex-situ MOKE measurements indicated no change of exchange bias and magnetic anisotropy of Fe/CoO system. The direction of the incoming X rays was parallel to the sample normal and its linear polarization was parallel to the Fe[1-10] direction (E || [1-10]). In such geometry, for the given CoO thickness, a signature of the CoO spin reorientation can be directly observed from the comparison of the XAS spectra corresponding to CoO/50 Å Fe and CoO/200 Å Fe sample regions.

In case of both studied CoO thicknesses, $d_{\text{CoO}} = 90 \text{ \AA}$ and $45 \text{ \AA}$, the room temperature XAS spectra (not shown) were exactly identical, as expected above CoO Neel temperature. At $T = 80 \text{ K}$, the difference of XAS spectra for the two Fe thicknesses develops with decreasing thickness of CoO. In particular for $d_{\text{CoO}} = 90 \text{ \AA}$ the difference of peak intensities for 779 eV energy is hardly visible (not shown). However for the sample with $d_{\text{CoO}} = 45 \text{ \AA}$ we observed a significant change of the XAS spectrum for the two Fe thicknesses, as shown in the figure 2. For the CoO spins along the [1-10] direction (vector E parallel to [1-10]) the XAS peaks around 777.2 eV and 779 eV have higher intensities than in the case of CoO spins along the [001] direction (vector E orthogonal to

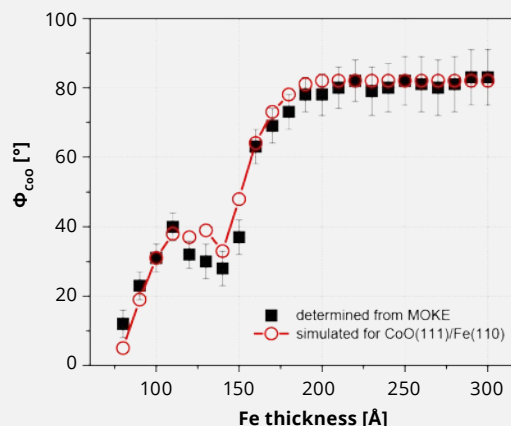


Figure 1. Thickness dependence of Φ_{CoO} with respect to the in-plane Fe[1-10] direction as obtained from MOKE data comparison with simulations (black squares). For comparison, the results of the equilibrium remanent state simulations, performed for the CoO(111)/Fe(110) system (red open points), are shown.

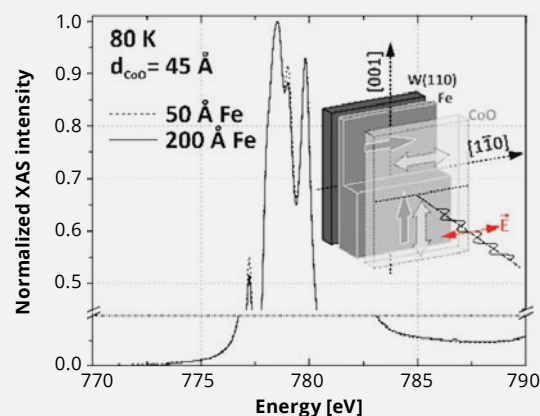


Figure 2. XAS spectra acquired around the L3 absorption edge of Co. Details of the XAS measurements geometry are shown in the inset. The direction of the incoming X rays is parallel to the sample normal and its linear polarization is parallel to the Fe[1-10] direction (E || [1-10]).

[1-10]), indicating the in-plane reorientation of CoO spins induced by Fe SRT. The comparison of the XAS results for the two studied CoO thicknesses indicates the interfacial character of the CoO magnetic anisotropy modifications induced by Fe layer.

[1] M. Ślęzak, T. Ślęzak, P. Drózd, B. Matlak, K. Matlak, A. Kozioł-Rachwał, M. Zajac, J. Korecki, Scientific Reports 9 (2019) 889

[2] U. Gradmann, J. Korecki, G. Waller, Appl. Phys. A 39, 101 (1986)

→ ARPES investigations of interactions and Berry's phase in hybrid Dirac materials

First author: Zbigniew Klusek, the University of Łódź

Co-Authors: Maciej Rogala, Paweł Dąbrowski

Hybrid systems made from graphene and transition metal dichalcogenides (TMDCs) or topological insulators (TIs) seem to be very attractive in future device applications. The fundamental issue in these systems is to know whether graphene on TMDC/TI preserves linear dispersion relation which guarantees insensitivity to backscattering processes and allows travelling Dirac fermions with very high mobility. The knowledge of doping processes and quantum Berry's phase in graphene plays a crucial role as well since it helps to extract phase factor of this

material. Finally, it is no insignificant matter what is the influence of graphene onto the electronic structure of TMDC/TI – the problem of mutual interactions. In our proposal, we focused on ARPES measurements of graphene/1T-TaS₂ and graphene/Bi₂Se₃ hybrid systems in order to answer the question how and to what extent TMDC and TI modify electronic structure of graphene and whether the obtained results are comparable with our calculations. The reversed problem, i.e. how graphene modifies band structure of TMDC/ TI, was also addressed.

→ Direct observation of Fermi-arc states on noncentrosymmetric Weyl semimetals doped with magnetic ions

First author: Bogdan Kowalski, the Institute of Physics of the Polish Academy of Sciences

Co-Authors: Andrzej Wiśniewski, Andrzej Hruban, Przemysław Iwanowski

The thorough investigations of the surface band structure of noncentrosymmetric Weyl semimetal NbP single crystals substituted with magnetic ions (Mn, Cr) is proposed. Since such crystals were not grown up to now, it would be an important contribution to the ongoing debate on the possible influence of magnetic impurities on the properties of Weyl fermions (seen as magnetic monopoles in the reciprocal space). Inducing and tuning the magnetic properties of Weyl

semimetals is important for both basic and applied research as ferromagnetism in them may lead to anomalous quantum Hall effect, potentially important for spintronic applications. Use of the ARPES technique would enable us to map surface band structure of the system, to reveal the Fermi arcs characteristic of Weyl semimetals and to follow the changes in the band structure induced by substitution of the magnetic ions.

UARPES end station

→ Angle resolved photoelectron spectroscopy on Co1/3NbS2

First author: Yuki Utsumi, the Institute of Physics in Zagreb**Co-Authors:** Petar Popčević, Wojciech Tabiś, Izabela Biało

Magnetically intercalated transition metal dichalcogenides (TMDs) form a very rich family of materials suitable for studying the coupling between the itinerant electrons and the magnetic degrees of freedom. Co1/3NbS2 exhibits an antiferromagnetic order below 26K, with the ordering temperature significantly lower than in other intercalated TMDs. A complete suppression of the magnetic ordering under pressure is reported in Co1/3NbS2, which is unique to

all intercalated TMDs. This compound, furthermore, represents a possible candidate for the formation of a quantum spin liquid state embedded between metallic layers. DFT calculations of the electronic properties of Co1/3NbS2 indicate some significant modification in band structure of NbS2 upon Co intercalation. We proposed to perform the ARPES measurement to study the role of the Co intercalation on the electronic structure of Co1/3NbS2.

UARPES end station

→ 2D ferromagnetism induced by topological surface states

First author: Valentyn Volobuev, the International Research Centre MagTop, the Institute of Physics of the Polish Academy of Sciences**Co-Author:** Timo Hyart

Magnetic order in a 2D layers is required for low power ultra-compact spintronic applications as well as of interest to study new phenomena in low-dimensional magnetism and to create new topological phases. Following previous theoretical proposal, we intended to study Mn-doped surface of topological crystalline insulator (TCI) PbSnSe epilayers in (001) and (111) orientation by angular resolved photoemission spectroscopy (ARPES). 2D ferromagnetism in this system results from lowering of electronic energy by spontaneous

breaking of a crystalline symmetry. The signature of the ferromagnetic transition is appearance of band gap in initially gapless topological surface states that can be easily probed by ARPES. Moreover, for (111) oriented epilayers, in-plane-out-of-plane magnetization switching was achieved tuning fermi energy between energetically separated surface and M points. The research was partially supported by the Foundation for Polish Science through the IRA Programme co-financed by EU within SG OP.

System próżniowy

Andrzej Marendziak

Synchrotron SOLARIS został zbudowany w oparciu o liniowy akcelerator wykonany w technologii S-band, przyspieszający elektrony do 0,6 GeV, działło RF (ang. *Radio Frequency*) z gorącą katodą, wertykalną linię transferową oraz pierścień synchrotronu o obwodzie 96 m i energii elektronów 1,5 GeV. Wstępny iniektor zawiera sześć pomp jonowych o całkowitej nominalnej prędkości pompowania dla azotu równej 165 l/s. Dwie pompy jonowe o szybkości pompowania 15 l/s zostały zainstalowane w pobliżu filtra energetycznego, a jedna o szybkości pompowania 60 l/s na falowodzie blisko generatora RF. Liniowy akcelerator składa się z sześciu przyspieszających struktur o długości 5,2 m każda, wykonanych w technologii S-band, pogrupowanych w trzy oddzielne jednostki. Każda jednostka przyspieszająca zawiera system wnęk typu SLED, 3 dB dzielnik mocy i dwie struktury przyspieszające. Dla każdej jednostki przyspieszającej zainstalowano dziewięć pomp jonowych z całkowitą nominalną prędkością pompowania dla azotu wynoszącą 540 l/s. Krótka sekcja przewidziana na wygaszenie wiązki znajduje się na końcu akceleratora liniowego. Linia transferowa zbudowana z dwóch magnesów typu Lambertson i dwóch magnesów zakrzywiających umożliwia wprowadzenie elektronów pod kątem 27° do pierścienia synchrotronu.

Linia transferowa jest wyposażona w osiem pomp jonowych o nominalnej szybkości pompowania dla azotu równej 635 l/s. Pierścień synchrotronu składa się z dwunastu magnesów typu DBA (ang. *Double Band Achromat*) i dwunastu sekcji prostych. Pierwsza sekcja prosta przewidziana jest na wprowadzenie elektronów do pierścienia oraz na diagnostykę wiązki. Trzecia sekcja zawiera magnes typu kicker, natomiast dwunasta

Vacuum system

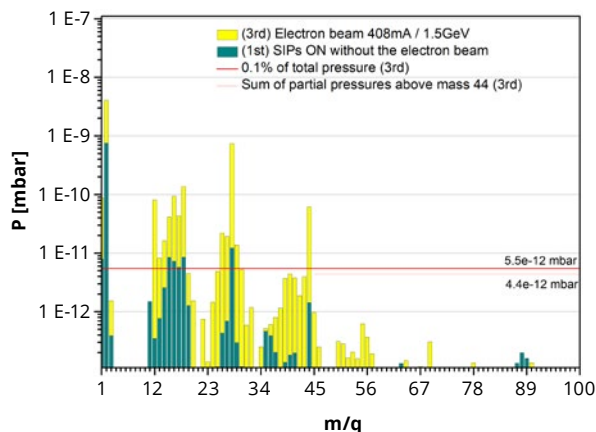
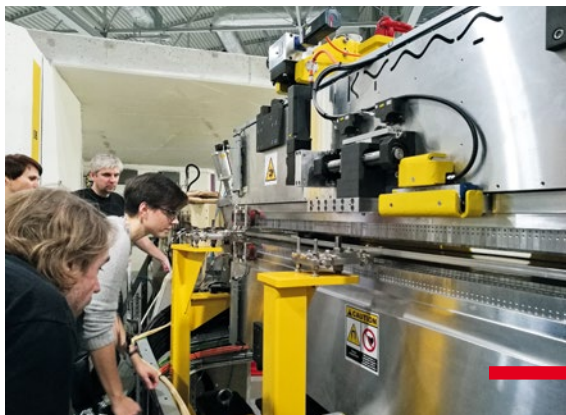
Andrzej Marendziak

The SOLARIS light source is based on a 0.6 GeV S-band linac with a thermionic RF gun, a vertical dog-leg transfer line and a 1.5 GeV storage ring with a 96 m circumference. The pre-injector contains six Sputter Ion Pumps (SIP) with a total nominal pumping speed of 165 l/s for N₂. Two SIP's (15 l/s each) are installed near the energy filter and one SIP (60 l/s) on the waveguide close to the RF unit. A linear accelerator consists of six S-band 5.2 m long accelerating structures, combined in three accelerating units. Each accelerating unit contains cavity system, 3 dB power divider and two linac structures. Nine SIP's with a total nominal pumping speed of 540 l/s for N₂ were installed for each accelerating unit. A short beam dump section is present at the end of the linac. A transfer line (TL) based on 10 degree Lambertson DC septa at the beginning and the end of transport system and two 17 degree vertical bends provides the beam to the storage ring. The TL is equipped with eight SIP's with a total nominal pumping speed of 635 l/s for N₂. The SOLARIS storage ring is composed of twelve Double Bend Achromat (DBA) cells and twelve straights. The 1st straight section is for the injection and the diagnostics, the 3rd straight contains a dipole kicker and in the 12th straight the RF system is installed. The DBA vacuum chamber has inner dimensions of 40x20 mm (horizontal/vertical). However, in the DBA centre the aperture is increased up to 56x28 mm. This chamber contains two Non Evaporable Getter (NEG) strips ST707 (Zr-V-Fe), Sputter Ion Pumps (SIPs) and one Titanium Sublimation Pump (TSP). To absorb the synchrotron radiation power, each arc vacuum chamber contains three photon absorbers, one end absorber (HAA) and two distributed absorbers. A standard straight section vacuum

natomiast nominalna prędkość pompowania pomp typu NEG oraz pomp tytanowych sublimacyjnych dla wodoru wynosi około 29 489 l/s. Ciśnienie statyczne (bez elektronów) i dynamiczne (z elektronami) dla zintegrowanej wartości prądu na poziomie 690 A.h zostało przedstawione na rysunku 1. Dwa mierniki z zimną katodą oraz jeden analizator gazów resztkowych (ang. *Residual Gas Analyser*) zostały zainstalowane w synchrotronie w sektorze R1-01.

W pierścieniu synchrotronu zostały ostatnio zainstalowane cztery dodatkowe analizatory firmy Hiden Analytical HAL 101 RC. Celem instalacji było monitorowanie składu gazów resztkowych pomiędzy pierścieniem synchrotronu a linią badawczą. Jak dotąd w docelowym miejscu zostały zainstalowane trzy z nich: dla linii PEEM/XAS, UARPES i PHELIX. Skład gazów resztkowych w sektorze R1-01 z wiązką elektronów i bez wiązki został przedstawiony na rysunku 2.

W ostatnim czasie zostały również zainstalowane w pierścieniu akumulacyjnym trzy komory próżniowe dedykowane do urządzeń wstawkowych typu undulator dla linii UARPES, PHELIX i XMCD. Z kolei linia badawcza PEEM/XAS korzysta ze światła synchrotronowego emitowanego przez magnes zakrzywiający. Właściwe ustawienie komory próżniowej w stosunku do wiązki elektronów i pola magnetycznego magnesów stałych undulatora umożliwia uzyskanie minimalnej odległości od magnesów równej 14 mm.



Rysunek 2. RGA z wiązką elektronów i bez wiązki

Figure 2. RGA with and without electron beam

to measure gas composition at the junction of the beamline with the storage ring in the front-end area. So far, three of them for the PEEM/XAS, UARPES and PHELIX beamlines have been installed in the target location. The residual gas composition in the R1-01 vacuum sector of the SOLARIS storage ring with and without the electron beam is presented in figure 2.

Three NEG coated Undulator Vacuum Chambers (UVC) were installed recently in the storage ring for beamlines built based on Insertion Devices (ID): one for the UARPES beamline, one for the PHELIX beamline and one for the XMCD beamline. The PEEM/XAS beamline, on the other hand, was built based on light from a bending magnet. With proper alignment of the UVC with respect to the electron beam and the permanent magnet field from the undulator, it is possible to achieve a minimum gap between the magnets at the level of 14 mm.

Test ustawienia undulatora względem komory próżniowej dla linii PHELIX

The test of undulator alignment for the PHELIX beamline

fot./photo: Frieder Müller

System wysokich częstotliwości (RF)

Marcin Knafel

Centrum SOLARIS jest wyposażone w dwa współpracujące ze sobą akceleratory cząstek. Pierwszy to pracujący w paśmie S (3 GHz) akcelerator liniowy. Drugim jest pierścień akumulacyjny pracujący z częstotliwością 100 MHz. Zadaniem systemu wysokich częstotliwości (RF) w Centrum SOLARIS jest przyspieszenie wiązki elektronów w akceleratorze liniowym oraz zwiększenie jej energii w pierścieniu akumulacyjnym w procesie tzw. rampingu, poprzez wykorzystanie pola elektromagnetycznego (EM) dużej mocy.

Akcelerator liniowy (liniak) składa się z termoemisyjnego działu elektronowego, które wprowadza nowo powstałe elektrony do specjalnej wnęki rezonansowej. Ta jest zasilana zewnętrznym impulsem pola EM, aby wstępnie przyspieszyć wiązkę elektronów. Następnie wiązka elektronów zostaje wprowadzona do struktur przyspieszających, które zasilane są z urządzeń zwanych modulatorami, poprzez falowody typu WR284. W ośrodku używane są dwa typy modulatorów firmy Scandi-Nova. Są to typy K1 i K2. K1 jest wyposażony w lampę elektronową – klistron, który może dostarczyć impuls o mocy szczytowej 8 MW i czasie trwania 4,5 μ s. Ten modulator odpowiada za wstępnie przyspieszanie wiązki. Typ K2 posiada klistron o większej mocy, który również w 4,5 μ s dostarcza około 35 MW. Ta moc zostaje następnie zakumulowana w urządzeniach typu SLED (ang. *SLAC Energy Doubler*), które ładują się przez 3,8 μ s, by następnie dostarczyć impuls około 200 MW o czasie trwania 0,8 μ s. Ta moc zostaje potem podzielona na dwa falowody, by przyspieszyć elektrony w dwóch oddzielnych strukturach przyspieszających. Łącznie w ośrodku pracują trzy modulatory K2 zasilające sześć struktur.

Radio Frequency System (RF)

Marcin Knafel

The Radio Frequency (RF) system at SOLARIS NSRC is tasked with accelerating the beam of electrons through the 3 GHz S-Band linear accelerator and then ramping the beam energy up in the storage ring using high-frequency electromagnetic fields. Our facility operates two main accelerators, the linear accelerator (linac) and the storage ring.

The linear accelerator (linac) consists of a thermionic RF gun that emits electrons into a special resonant cavity which is then supplied with an RF field to provide initial acceleration of electrons.

The electron beam is then introduced into accelerating structures, which are powered by Scandi-Nova klystron-based modulators via WR-284 waveguides. Our facility uses two types of modulators, K1 and K2. The K1 type supplies a peak of 8 MW of power, in a pulse that lasts about 4.5 μ s, and is used to give the electron bunch some initial acceleration. The K2 type is slightly more powerful, delivering 35 MW in a peak of similar duration. This pulse from the K2 modulator is then fed via a waveguide to a SLED device (short for SLAC Energy Doubler) which accumulates the RF field over a period of 3.7 μ s and then discharges into the accelerating structures, providing a 0.8 μ s peak of about 200 MW. This pulse is then split into two waveguides that provide the accelerating power to the structures. Three such K2 klystrons are needed to power a total of six accelerating structures.

The storage ring at SOLARIS NSRC is equipped with four resonant cavities of two types: two 100 MHz active cavities and two 300 MHz Landau passive cavities. Both types are placed within one straight section and can be seen on the next page.



Modulator K1 z klustronem firmy THALES

The K1 type modulator with a Thales Klystron

Pierścień akumulacyjny w SOLARIS jest wyposażony w cztery wnęki rezonansowe dwóch typów: pierwszy to dwie wnęki aktywne o częstotliwości rezonansowej 100 MHz, drugi to dwie pasywne wnęki typu Landau o częstotliwości rezonansowej 300 MHz. Oba typy wnęk znajdują się w obrębie jednej sekcji prostej i można je zobaczyć na następnej stronie.

Wnęki aktywne dostarczają wiązkę elektronów energii, którą traci ona na emitowanie promieniowania synchrotronowego. Ponadto, razem z magnesami zakrzywiającymi, wnęki aktywne biorą udział w procesie zwanym „ramping”, który ma na celu zwiększenie energii wiązki do nominalnych 1,5 GeV po wprowadzeniu jej do pierścienia. Wnęki te są nazywane aktywnymi dlatego, iż zasilane są zewnętrznymi „transmitterami”. Każdy transmitter może dostarczyć maksymalnie 60 kW mocy do każdej z wnęk aktywnych, celem wytworzenia pola elektromagnetycznego, które następnie przyspiesza elektrony. Wnęki pasywne nie wymagają zewnętrznego zasilania i oddziałują na elektrony, wykorzystując pole elektromagnetyczne, które wytwarza w nich przechodząca przez wnękę wiązka. Oba typy wnęk są konieczne, by zapewnić długość i powtarzalny czas życia wiązki elektronów.

Active cavities are the ones that provide the electron beam with additional acceleration, due to which they will not radiate all of their power after a few turns. What is also important, together with bending magnets, they take part in the process of increasing the beam's energy in the storage ring. This process is called ramping. The term “active cavities” originates from the fact that we use external 100 MHz transmitters to supply them with up to 60 kW of RF power, to provide the accelerating fields inside the cavity. The 300 MHz passive cavities are used for beam stabilisation and do not require an external power source. Their influence on the beam comes from the RF field that the beam generates itself as it passes through it. Both types are necessary to provide a long and sustainable lifetime of the electron beam.

The 100 MHz transmitters used at SOLARIS NSRC are of the THR9 type from Rhode & Schwarz. They are a commercial solution widely used in the broadcasting industry. There are two transmitters, each powering its own resonant cavity (see the next page).

Each transmitter cabinet consists of six PHR901 5 kW amplifier modules, which feed power into a power combiner via a 3 1/8" coax rigid line. Then,

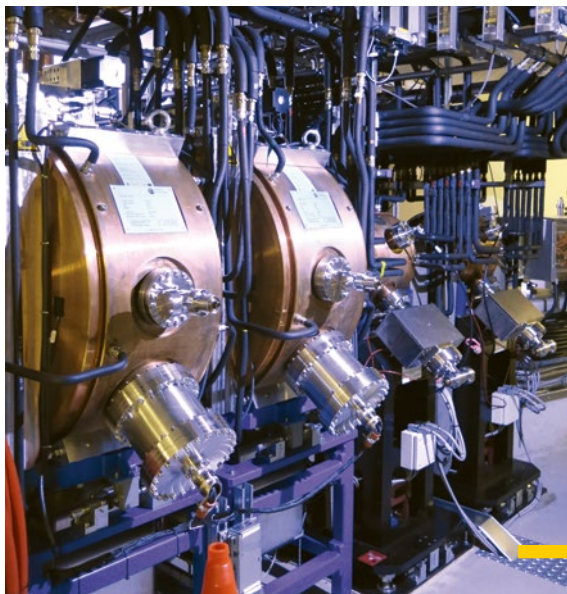
Transmitery używane w SOLARIS to komercyjne transmitery firmy Rhode & Schwarz typu THR9, pracujące z częstotliwością 100 MHz. Są one powszechnie stosowane w przemyśle radiowym. Ośrodek jest wyposażony w dwa transmitery, każdy zasilający osobną wnękę rezonansową.

Każdy transmiter składa się z 12 modułów PHR901 o mocy 5 kW każdy. Moc wyjściowa jest sumowana i transportowana linią koncentryczną 3 i 1/8 cala, a następnie 6 i 1/8 cala do cyrkulatora, który ma zapewnić bezpieczeństwo układu nadawczego. Moc RF po przejściu przez cyrkulator zasila wnękę rezonansową. W przypadku niedopasowania impedancyjnego i pojawienia się mocy odbitej od wnęki zadaniem cyrkulatora jest przekierowanie jej do chłodzonego wodą, sztucznego obciążenia, które zdolne jest do rozproszenia 120 kW mocy ciągłej.

Cały system transponderów, wnęk rezonansowych i rampingu jest kontrolowany cyfrowo poprzez tzw. *Low Level RF* (LLRF). Jest to komputer bazujący na układach FPGA, którego zadaniem jest kontrolowanie amplitud, faz i częstotliwości wszystkich podsystemów RF w pierścieniu akumulacyjnym.

the combined power is fed via a 6 1/8" coax line into a circulator, which then passes the RF power into the resonant cavity. In the case of a load mismatch, the reflected power from the cavity is directed by a circulator into an external, water-cooled 120 kW load.

The whole system of cavities, transmitters and ramping is controlled digitally via Low Level RF (LLRF), which is a computer unit based on FPGA modules. It is tasked with controlling all the phases, frequencies and amplitudes of all RF systems in the storage ring.



Transmitter THR9 100 MHz
100 MHz Rhode&Schwarz
transmitter

Wnęki rezonansowe – aktywne 100 MHz
(większe) i pasywne 300 MHz (mniejsze)

Active 100 MHz (larger) and passive
300 MHz (smaller) resonant cavities

Systemy sterowania i IT

Wojciech Kitka

System sterowania w synchrotronie SOLARIS odpowiada za pozyskiwanie danych i sterowanie wszystkimi urządzeniami w akceleratorach i na liniach pomiarowych. Jego podstawą jest TANGO Controls, który umożliwia tworzenie skalowalnych i wydajnych rozwiązań. Kompletny system sterowania oparty na TANGO Controls składa się z bazy danych TANGO, serwerów urządzeń oraz interfejsów graficznych. W SOLARIS akceleratorzy oraz wszystkie linie badawcze mają swoje osobne instancje systemu sterowania. Głównym zadaniem systemu IT jest dostarczenie pracownikom i użytkownikom infrastruktury, która umożliwi im bezproblemowe i łatwe wykonanie obowiązków i pomiarów. Za systemy sterowania i IT odpowiada grupa CSIT.

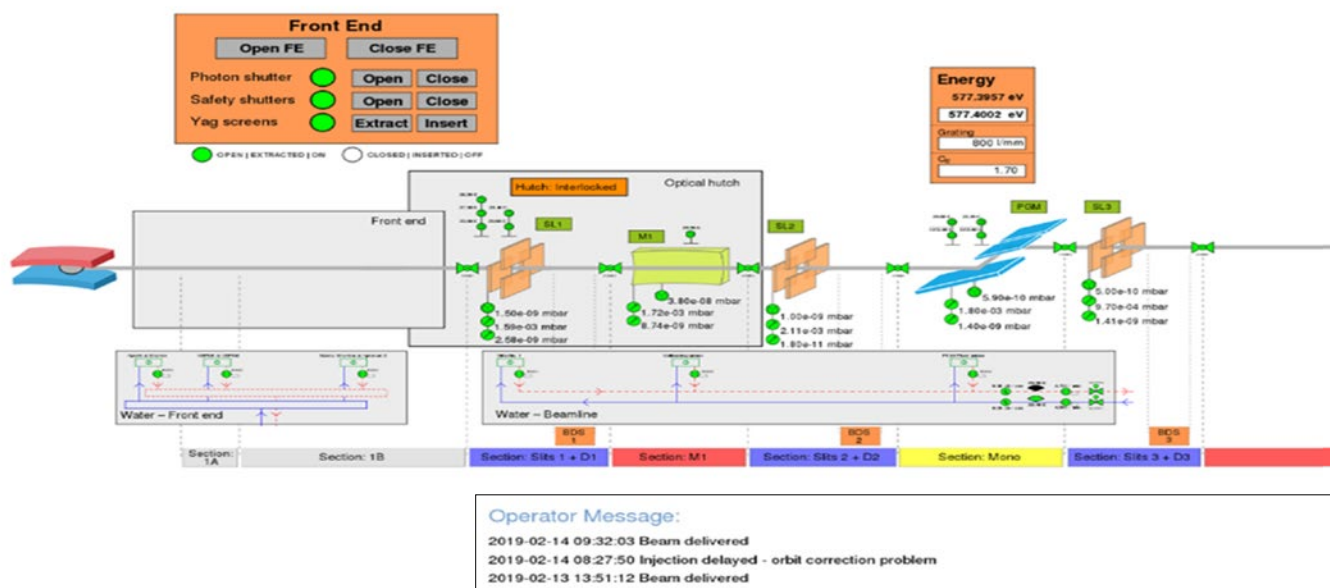
Najważniejszym osiągnięciem grupy CSIT w latach 2016–2018 było zaktualizowanie wersji

The control and IT systems

Wojciech Kitka

The control system in the SOLARIS synchrotron is responsible for data acquisition and control of all the devices in the accelerators and beamlines. It is based on TANGO Controls, which enables the creation of scalable and efficient solutions. The complete control system based on TANGO Controls consists of the TANGO database, device servers and graphical interfaces. In SOLARIS, the accelerators and all the beamlines have their own instances of the control system. The main task of the IT system is to provide employees and users with an infrastructure that will enable them to perform their duties and measurements without any problems. The CSIT group is responsible for the control and IT systems.

The most important achievement of the CSIT group in 2016–2018 was updating the version of TANGO Controls from different older ones to the latest

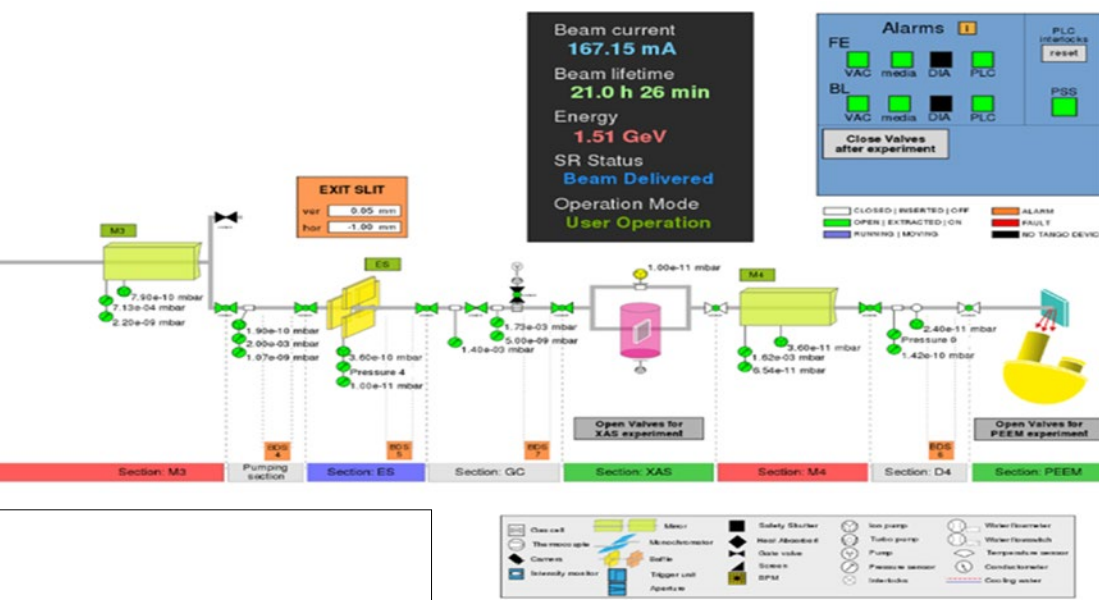


TANGO Controls z kilku starszych do najnowszej 9.2.5a. Tworzono również serwery urządzeń wysokiego i niskiego poziomu, które komunikowały się z nowymi częściami synchrotronu oraz przetwarzały różne dane. Pracę operatorów ułatwiło przygotowanie Operator GUI, które zawiera wszystkie potrzebne do ich działań informacje, oraz stworzenie kompletnego systemu sterowania dla linii diagnostycznej typu pinhole, co daje możliwość bezpośredniej obserwacji wiązki. Została również przygotowana strona internetowa Machine Status Portal, która pozwala na sprawdzenie statusu synchrotronu z dowolnego miejsca podłączonego do Internetu. Analizę danych archiwalnych usprawniono poprzez zamianę oprogramowania HDB/TDB na nowoczesne HDB++, które umożliwia zapisywanie różnych parametrów z wysoką rozdzielczością. Jednym z usprawnień na liniach pomiarowych jest połączenie stacji końcowych z systemem sterowania. Inne to przygotowanie zaawansowanych paneli synoptycznych opartych na bibliotece synopticpanel2, która umożliwia zarządzanie linią z jednego miejsca.

Następnym ważnym obszarem działań grupy CSIT jest automatyzacja procesów. Pierwszym z nich jest minimalizacja wpływu undulatora linii UARPES na

9.2.5a version. Device servers of high and low-level were also created that communicate with new devices at the synchrotron and process various data. The work of the operators facilitated the preparation of the Operator GUI, which contains all the information needed for their actions, and the creation of a complete control system for the pinhole diagnostic beamline, which gives the possibility of direct observation of the beam. The Machine Status Portal was also written, which allows anyone to check the status of the synchrotron from any place connected to the Internet. The analysis of archive data has been improved by replacing HDB / TDB software with modern HDB++, which allows various parameters to be saved with high resolution. One of the improvements on the beamlines is the connection of end stations to the control system. Another one is preparation of advanced synoptic panels based on the synopticpanel2 library, which enables beamline management from one place.

The next important area of the CSIT group's activities is the automation of various processes. The first of these is to minimize the impact of the UARPES beamline undulator on the trajectory of the beam. The solution consists of two algorithms. The first one



Panel synoptyczny linii PEEM/XAS

The synoptic panel of the PEEM/XAS beamline

trajektorię wiązki. Rozwiązanie to składa się z dwóch algorytmów. Pierwszy z nich wylicza odpowiednią macierz korekcji, a drugi używa ją do korekcji. Inny zautomatyzowany proces to optymalizacja pozycji wiązki na linii pomiarowej z wykorzystaniem regulatora PI. Na pracę całego ośrodka wpływa przygotowana wraz z innymi zespołami maszyna stanów synchrotronu. Jest to kompleksowe rozwiązanie, które umożliwia błyskawiczne sprawdzenie stanu akceleratora. Dodatkowo standaryzuje proces dostarczenia wiązki, co zwiększa jego efektywność. W 2018 r. powstał w SOLARIS kontroler wygrzewania HUC. Urządzenie to pozwala na intuicyjne przygotowania konfiguracji jednego z trzech typów procesów wygrzewania, a następnie jego automatyczne wykonanie. Szybka i bezproblemowa aktualizacja wersji systemów sterowania nie byłaby możliwa bez oprogramowania Ansible oraz automatyzacji budowania paczek. Ansible to rozwiązanie, które na podstawie plików konfiguracyjnych i paczek z oprogramowaniem tworzy kompletny system sterowania w ciągu kilku godzin. SOLARIS jest jednym z członków konsorcjum TANGO Controls, które zrzesza użytkowników tego systemu sterowania i dba o jego rozwój. Pierwszym zadaniem grupy CSIT w tej społeczności było przygotowanie paczek z TANGO dla środowiska Windows. Dodatkowo SOLARIS aktywnie bierze udział w rozwoju bibliotek Sardana i Taurus.

W latach 2016–2018 dział IT zajmował się przede wszystkim podnoszeniem standardów oraz zabezpieczeń, a także rozbudową infrastruktury serwerowej i sieciowej. W 2018 r. serwery zostały zabezpieczone przeciw lukom procesorów opartych o platformę Intel na podatności Spectre i Meltdown. W celu standaryzacji środowiska pracy wdrożono takie usługi i standardy jak Active Directory, IEEE 802.1X, firewall Fortigate, centralny antywirus i system kopii bezpieczeństwa. Jakość dostarczanych usług podniosła się dzięki zastosowaniu serwisów monitorujących pracę maszyn wirtualnych. Dzięki tym działaniom SOLARIS to pierwszy synchrotron na świecie, który przystępuje do zdobycia certyfikatu ISO 27001.

calculates the appropriate correction matrix, and the second uses it for correction. Another automated process is the optimization of the beam position on the beamline using the PI controller. The SOLARIS State Machine, prepared together with other teams, influences the work of the entire centre. It is a comprehensive solution that allows employees and users to instantly check the condition of the machine. In addition, it standardizes the beam delivery process, which increases its efficiency. In 2018, the Heating Unit Controller (HUC) was created. This device allows for intuitive preparation of configuration of one of three types of heating processes, and then its automatic execution. A quick and trouble-free update of control system versions would not be possible without Ansible software and automation of building packages. Ansible is a solution that, based on configuration files and software packages, creates a complete control system within a few hours.

SOLARIS is one of the members of the TANGO Controls consortium, which unites users of this control system and deals with its development. The first task of the CSIT group in this community was to prepare TANGO packages for the Windows environment. In addition, SOLARIS actively participates in the development of the Sardana and Taurus libraries.

In the years 2016–2018, the IT department was mainly involved in raising standards and security, as well as the development of server and network infrastructure. In 2018, servers were secured against the vulnerabilities of Intel-based processors for Spectre and Meltdown vulnerabilities. In order to standardize the work environment, services and standards such as Active Directory, an IEEE 802.1X, a Fortigate firewall, a central antivirus and a backup system were implemented. The quality of the services provided has increased thanks to the use of websites monitoring the operation of virtual machines. Thanks to these activities, SOLARIS is the first synchrotron in the world to join the ISO 27001 certification.

Krajowe Centrum Kriomikroskopii Elektronowej

Katarzyna Bester-Ostrowska

25 października 2018 r. zapisało się na kartach historii nie tylko Narodowego Centrum Promieniowania Synchrotronowego SOLARIS, ale także całego polskiego środowiska naukowego. W tym dniu Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (MNiSW) przekazało na ręce dyrektora NCPS SOLARIS, prof. Marka Stankiewicza, oficjalną decyzję dotyczącą finansowania zakupu unikalnego, najnowszej generacji kriomikroskopu elektronowego (Cryo-EM) oraz utworzenia Krajowego Centrum Kriomikroskopii Elektronowej. Pomyślne rozpatrzenie złożonej przez krakowski ośrodek aplikacji było wynikiem wspólnej inicjatywy konsorcjum, złożonego z 18 najlepszych polskich instytucji naukowych, które prowadzą badania z zakresu biologii strukturalnej. Konsorcjum działało pod przewodnictwem dr. Sebastiana Glatta (Małopolskie Centrum Biotechnologii Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie) i dr. hab. Marcina Nowotnego (Międzynarodowy Instytut Biologii Molekularnej i Komórkowej w Warszawie). Przedsięwzięcie stanowiło modelowy przykład owocnej współpracy różnych ośrodków naukowych. Utworzenie Krajowego Centrum Kriomikroskopii Elektronowej pozwoli polskim badaczom na dotrzymanie kroku zagranicy i umożliwi im dołączenie do grona światowych liderów w biologii strukturalnej.

Poczynione w ciągu ostatniej dekady postępy w rozwoju techniki Cryo-EM zrewolucjonizowały biologię

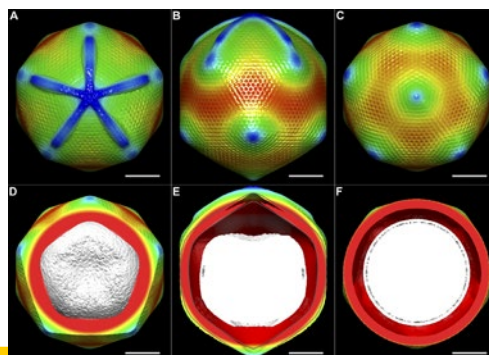
CryoEM reconstruction of mimivirus,
applying only 5-fold symmetry averaging

*fot./photo: Xiao C, Kuznetsov YG, Sun S, Hafenstein SL,
Kostyuchenko VA, et al., 2009, CC BY 2.5*

National Cryo-EM Centre

Katarzyna Bester-Ostrowska

25 October 2018 was a historic date not only for the SOLARIS National Synchrotron Radiation Centre, but also for the entire Polish scientific community. On this day, the Ministry of Science and Higher Education handed over to the Director of SOLARIS NSRC, professor Marek Stankiewicz, the official decision on financing for the purchase of a unique, cutting edge electron cryo-microscope (Cryo-EM) and on the creation of a National Cryo-Microscope Centre. The positive decision on the application submitted by the centre in Kraków was the result of the joint initiative of a consortium consisting of 17 of the best Polish scientific institutions conducting research in structural biology. The consortium operates under the direction of Dr Sebastian Glatt (MCB Małopolski Centre of Biotechnology of the Jagiellonian University in Kraków) and Dr Marcin Nowotny (International Institute of Molecular and Cell Biology in Warsaw). The project is a model for successful cooperation between different scientific facilities. The creation of a National Cryo-Microscope Centre will allow Polish researchers to keep pace with foreign scientific facilities and to join the community of global leaders in structural biology.





Dostawa kriomikroskopu, na zdjęciu od lewej / The delivery of the cryomicroscope, from the left: Michał Młynarczyk (SOLARIS), Marek Stankiewicz (SOLARIS), Krzysztof Herman (Labsoft), Kazimierz Strzałka (Małopolskie Centrum Biotechnologii / the Małopolska Centre of Biotechnology), Sebastian Glatt (Małopolskie Centrum Biotechnologii / the Małopolska Centre of Biotechnology), Jakub Chocyk (Labsoft)

fot./photo: Katarzyna Bester-Ostrowska

strukturalną. Największym uznaniem dla tej technologii było przyznanie jej twórcom w 2017 r. Nagrody Nobla. Rozwój techniki pozwolił na eksplorację całkowicie nowych obszarów badawczych, czego wynikiem jest długa lista przełomowych badań opublikowanych w najbardziej prestiżowych czasopismach naukowych. Wyniki uzyskane dzięki wykorzystaniu Cryo-EM są nie tylko istotne dla zrozumienia funkcjonowania ludzkiego organizmu, powstawania chorób czy procesów starzenia. Są także niezwykle pomocne przy opracowywaniu skutecznych terapii leczniczych. Dotychczasowe badania z wykorzystaniem technik biologii strukturalnej przyczyniły się do ogromnego postępu w leczeniu wielu chorób, takich jak nowotwory, choroba Alzheimera czy otyłość. Zakup najwyższej klasy kriomikroskopu elektronowego w Centrum SOLARIS oznacza, że Kraków stanie się niezwykle atrakcyjny dla krajowej i międzynarodowej społeczności biologów strukturalnych.

Projekt finansowany przez MNiSW przyczyni się także do realizacji zadań Konsorcjum Środkowoeuropejskiej Infrastruktury Badawczej CERIC-ERIC – utworzenie Krajowego Centrum Kriomikroskopii Elektronowej w SOLARIS rozszerzy wachlarz oferty badawczej CERIC-ERIC.

Podzespoły kriomikroskopu dotarły do Centrum SOLARIS tuż przed końcem 2018 r. Przygotowanie przestrzeni dla laboratorium, a także instalacja, kalibracja i optymalizacja urządzenia zajmie kilka miesięcy. Udostępnienie kriomikroskopu pierwszym użytkownikom planowane jest na październik 2019 r.

The advances made in cryo-EM have revolutionized the field of structural biology over the last decade. The increased recognition of this technology also culminated in the Nobel Prize in Chemistry being awarded to its creators in 2017. The development of this technique has opened up new research horizons, which has resulted in a long list of ground-breaking studies published in the most prestigious scientific journals. Foremost, the anticipated results are extremely relevant for a better understanding of the function of the human body, of the formation of human diseases and of processes like aging, and can lead to the development of new effective therapies. Structural biology has already contributed to impressive progress in the treatment of various human diseases, including cancer, Alzheimer's disease and obesity. Last but not least, the presence of a high-end cryo-electron microscope at SOLARIS means that Kraków will attract national and international structural biologists.

This project, financed by the Ministry of Science and Higher Education, will also enable realization of one of the tasks of the CERIC-ERIC consortium – the creation of a National Cryo-Microscope Centre at SOLARIS will expand the research offer of CERIC-ERIC.

The components of the cryo-microscope arrived at the SOLARIS Centre just before the end of 2018. Preparation of the laboratory space and installation, calibration and optimization of the device will take several months. The cryo-microscope is planned to be made available to its first users in October 2019.

Konsorcja

Agata Chrześcijanek

Consortia

Agata Chrześcijanek



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 i projektów firmowanych przez Komisję Europejską.
→ www.leaps-initiative.eu

LEAPS: the League of European Accelerator-based Photon Sources is a partnership of synchrotron centres and research facilities which use free-electron lasers. The LEAPS strategy aims to improve the technologies used by light source accelerators, as well as to refine experimental techniques, detectors, and control and measurement systems. The organization is also in the process of negotiations regarding the recognition of the needs of large research infrastructure in planning and implementation of programs and projects supported by the European Commission.
→ www.leaps-initiative.eu

CERIC

Central European
Research Infrastructure
Consortium

CERIC-ERIC: Konsorcjum Środkowoeuropejskiej Infrastruktury Badawczej (*the Central European Research Infrastructure Consortium*) CERIC-ERIC to konsorcjum skupiające wyspecjalizowane laboratoria i ośrodki badawcze z Europy Środkowej i Włoch. W jednostkach tych prowadzone są badania materiałów technikami wykorzystującymi fotony, elektrony, neutrony lub jony. Naukowcy mogą korzystać z infrastruktury CERIC-ERIC bezpłatnie. Nabór wniosków odbywa się dwa razy do roku. Polska została pełnoprawnym członkiem CERIC-ERIC 1 marca 2016 r., udostępniając społeczności naukowej synchrotron SOLARIS.
→ www.ceric-eric.eu

CERIC-ERIC: the Central European Research Infrastructure Consortium CERIC-ERIC is a consortium of specialized laboratories and research facilities from Central Europe and Italy. At these facilities, research is conducted on materials using photons, electrons, neutrons, and ions. Researchers can use the CERIC-ERIC infrastructure free of charge. Calls for applications take place twice a year. Poland became fully-fledged member of CERIC-ERIC on 1 March 2016, making the SOLARIS synchrotron available for the scientific community.
→ www.ceric-eric.eu



Lightsources.org: konsorcjum powstało dzięki współpracy specjalistów do spraw komunikacji z wielu ośrodków dysponujących źródłami światła. Skupia 21 centrów synchrotronowych oraz sześć jednostek z laserami na swobodnych elektronach, reprezentujących 22 organizacje z trzech stref geograficznych: Europy i Bliskiego Wschodu, obu Ameryk oraz Azji i Australii. Konsorcjum stworzyło portal internetowy Lightsources.org, gdzie publikowane są aktualności jednostek partnerskich, informacje o prowadzonych w nich badaniach, ogłoszenia o naborach wniosków o dostęp do aparatury badawczej, konferencjach, seminariach i warsztatach oraz ogłoszenia o wolnych stanowiskach dla inżynierów i naukowców.

→ www.lightsources.org

Lightsources.org: the result of a collaboration between communicators from light source facilities around the world. This platform groups 21 synchrotrons and 6 FEL facilities representing 22 organisations from three geographic zones: Europe / the Middle East, the Americas, and Asia / Australia. The consortium created the Lightsources.org website, where news and current events regarding partner facilities are published, along with information on research being conducted, notifications of calls for applications for access to research equipment, announcements of conferences, seminars, and workshops, as well as notification of positions available for engineers and scientists.

→ www.lightsources.org



Tango Controls – konsorcjum zrzeszające 10 jednostek badawczych z całego świata dbających o rozwój systemu sterowania noszącego tę samą nazwę. System Tango Controls jest wolnym oprogramowaniem, wydany na warunkach licencji GPL i LGPL. Został stworzony w 1999 r. przez specjalistów z synchrotronu ESRF z myślą o sterowaniu akceleratorami i eksperymentami naukowymi. Obecnie znajduje zastosowania również w innych obszarach, w tym w przemyśle.

→ www.tango-controls.org

Tango Controls – a consortium bringing together 10 research facilities from the whole world which deals with the development of the control system of the same name. The Tango Controls system is open-source programming published under the GPL and LGPL licenses. The system was created in 1999 by specialists from the ESRF synchrotron for the purpose of controlling accelerators and scientific experiments. Nowadays, the system is also used in other fields, such as industry.

→ www.tango-controls.org

Projekty

Emilia Król, Agata Chrześcijanek

BalticTram

pełna nazwa: Transnational Research Access
in the Macroregion

okres realizacji: 1 marca 2016 r. – 27 lutego 2019 r.

lider projektu: DESY Deutsches Elektronen-
-Synchrotron

Celem projektu było wzmocnienie powiązań i współpracy między instytucjami badawczymi a światem biznesu. Przedsięwzięcie było realizowane w państwach regionu Morza Bałtyckiego: w Polsce, Niemczech, Szwecji, Finlandii, Danii, na Łotwie, na Litwie i w Estonii.

Głównym celem Baltic TRAM było zachęcanie małych i średnich przedsiębiorstw do korzystania z infrastruktury badawczych. Wybrane przedsiębiorstwa mogły uczestniczyć w specjalistycznych konsultacjach i szkoleniach oferowanych przez partnerów projektu. Uzyskały także dostęp do aparatur badawczych w celu przetestowania swoich innowacyjnych pomysłów. Projekt zapewniał środki na realizację badań, pokrywając koszty wynagrodzeń dla badaczy i finansując materiały niezbędne do przeprowadzenia eksperymentów. W zależności od indywidualnych potrzeb firmy były kierowane do różnych ośrodków badawczych w regionie Morza Bałtyckiego. Mogły także skorzystać z aparatury dostępnej na Uniwersytecie Jagiellońskim. Realizując projekt, Centrum SOLARIS połączyło cztery podmioty z dwunastoma naukowcami z UJ. Pomyślnie wykonane pomiary mogą być w przyszłości zachętą dla przedsiębiorców, aby częściej korzystać z potencjału badawczego uczelni. Młodzi badacze natomiast zdobyli cenne doświadczenia zawodowe.

W ramach projektu TRAM przeanalizowane zostały również krajowe strategie mające na celu rozwój infrastruktury badawczych oraz inteligentnych specjalizacji.

Projects

Emilia Król, Agata Chrześcijanek

BalticTram

full name: Transnational Research Access
in the Macroregion

period: 1 March 2016 – 27 February 2019

project leader: DESY Deutsches Elektronen-
-Synchrotron

The aim of the project is to enhance bonds and cooperation between research institutions and the world of business. The project was implemented in the countries of the Baltic Sea region, including Poland, Germany, Denmark, Sweden, Finland, Estonia, Latvia, and Lithuania.

The primary aim of the Baltic TRAM was to encourage small and medium-sized enterprises to make use of the research infrastructure. Selected companies were allowed to participate in specialist consultations and training sessions offered by project partners. They were also given access to the research equipment in order to test their own innovative ideas. The project provided funds for the realization of research, covering costs of remuneration for the researchers and financing materials essential for the conduct of experiments. Depending on their individual needs, the companies were directed to various research facilities in the Baltic Sea region. They were also able to make use of equipment available to the Jagiellonian University. When implementing its part of the project, the SOLARIS Centre linked four companies to twelve scientists from the JU. The successfully completed measurements may in the future provide an incentive for other entrepreneurs to take advantage of the research potential of the University. The young researchers in turn gained valuable professional experience.

As part of the TRAM project, national strategies aiming at the development of research infrastructure

Te zalecenia i rekomendacje mogą pomóc decydentom w lepszym wykorzystaniu potencjału naukowego. Długofalowym rezultatem projektu będzie wzmocnienie innowacyjności i konkurencyjności Regionu Morza Bałtyckiego.

CalipsoPlus

pełna nazwa: Convenient Access to Light Sources
Open to Innovation, Science and to the World

okres realizacji: 1 maja 2017 r. – 30 kwietnia 2021 r.

lider projektu: Helmholtz-Zentrum Dresden –
Rossendorf e. V.

Celem projektu jest usunięcie barier utrudniających dostęp do ośrodków synchrotronowych i dysponujących laserami na wolnych elektronach zlokalizowanych w Europie i na Bliskim Wschodzie. Innymi priorytetami przedsięwzięcia są ożywienie mniej aktywnych naukowo regionów Europy oraz inicjowanie projektów badawczych, które będą realizowane we współpracy z małymi i średnimi przedsiębiorstwami. Ponadto partnerzy projektu promują wśród naukowców z Europy Środkowo-Wschodniej, którzy rzadziej korzystają z synchrotronów, najnowsze metody badawcze. W ten sposób integrują europejskie środowisko naukowe. Realizowany jest również program „Partnerstwo i wymiana”, dzięki któremu młodzi naukowcy mają możliwość współpracowania z doświadczonymi użytkownikami synchrotronowymi.

Zadaniem SOLARIS w projekcie CALIPSOplus jest realizacja programu Transnational Access, umożliwiającego użytkownikom niemal z całego świata bezpłatny i ponadnarodowy dostęp do europejskich instytutów badawczych. SOLARIS współtworzy także portal wayforlight.eu, gdzie można znaleźć aktualne informacje na temat europejskich synchrotronów oraz procedur związanych z ubieganiem się o czas badawczy.

and intelligent specialization were also analysed. The recommendations and proposals that were generated may aid decision-makers in the more efficient use of scientific potential. One long-term result of the project will be the strengthening of innovation and competitiveness in the Baltic Sea Region.

CalipsoPlus

full name: Convenient Access to Light Sources
Open to Innovation, Science and to the World

period: 1 May 2017 – 30 April 2021

project leader: Helmholtz-Zentrum Dresden –
Rossendorf e. V.

The aim of the project is to remove barriers which interfere with access to synchrotron centres and centres with free-electron lasers located in Europe and the Near East. Other priorities of the project include boosting activity in less scientifically active regions of Europe and initiating research projects which will be realized in cooperation with small and medium-sized enterprises. Additionally, project partners promote the latest research methods among scientists of Central and Eastern Europe, who less frequently make use of synchrotrons. In this way, the European scientific community is being integrated. Finally, a “Partnership and Exchange” program is being realized, thanks to which young scientists have the opportunity to work together with experienced synchrotron users.

The task of SOLARIS in the CALIPSOplus project is to realize the Transnational Access program, which facilitates free and transnational access to European research institutions for users from nearly the entire world. SOLARIS is also taking part in the creation of the wayforlight.eu website, where current information can be found on European synchrotrons and procedures for applying for beam time.

Konferencje, warsztaty i spotkania

Agata Chrześcijanek

W latach 2016–2018 Centrum SOLARIS organizowało bądź współorganizowało szereg międzynarodowych spotkań, konferencji i warsztatów.

6. spotkanie ISTAC, CERIC-ERIC **19–20 września 2016 r.**

Spotkanie członków Międzynarodowego Techniczno-Naukowego Komitetu Doradczego Konsorcjum Środkowoeuropejskiej Infrastruktury Badawczej CERIC-ERIC (*International Scientific and Technical Advisory Committee* – ISTAC). Uczestnicy spotkania dyskutowali m.in. o sposobach informowania naukowców o ofercie konsorcjum, wynikach naborów wniosków o dostęp do infrastruktury badawczej CERIC-ERIC oraz na temat planu działania organizacji na kolejne trzy lata.

5. spotkanie LEAPS **1–3 lutego 2017 r.**

Spotkanie trzydziestu przedstawicieli – głównie dyrektorów – europejskich ośrodków synchrotronowych (ESRF, Diamond, DESY, MAX IV, Swiss Light Source) oraz Europejskiego Lasera na Wolnych Elektronach (*the European XFEL*). Goście omawiali cele działania Ligi Europejskich Źródeł Światła Opartych na Akceleratorach (*the League of European Accelerator-based Photon Sources* – LEAPS). Określono również możliwe sposoby i narzędzia realizacji tychże celów.

Conferences, workshops, meetings

Agata Chrześcijanek

In the years 2016–2018, the SOLARIS Centre organized or collaborated in the organization of numerous international meetings, workshops, and conferences.

6th ISTAC, CERIC-ERIC conference **19–20 September 2016**

A meeting of the members of the International Scientific and Technical Advisory Committee – ISTAC of the CERIC-ERIC Central European Research Infrastructure group. Participants discussed, among other topics, methods for informing scientists of the consortium's offer, results of calls for applications for access to CERIC-ERIC research infrastructure, and plans for the organization of activities for the next three years.

5th LEAPS Meeting **1–3 February 2017**

A meeting of thirty representatives, mainly directors, of European synchrotron centres (ESRF, Diamond, DESY, MAX IV, Swiss Light Source) and the European X-Ray Free-Electron Laser Facility (XFEL). Guests discussed the operational aims of the League of European Accelerator-based Photon Sources – LEAPS. Possible methods and tools for the realization of these aims were also discussed.



Członkowie Międzynarodowego Techniczno-Naukowego Komitetu Doradczego CERIC-ERIC, Centrum SOLARIS, wrzesień 2016 r.

CERIC-ERIC International Scientific and Technical Advisory Committee members, SOLARIS Centre, September 2016

fot./photo: Agata Chreścianek

Warsztat EUSpec WG2-WG5 COST **4–5 kwietnia 2017 r.**

Warsztat sieci naukowej COST, zorganizowany przez Politechnikę Gdańską, Instytut Fizyki Polskiej Akademii Nauk, Akademickie Centrum Materiałów i Nanotechnologii AGH oraz Centrum SOLARIS. Spotkanie służyło wymianie wiedzy i doświadczeń w zakresie badań prowadzonych z wykorzystaniem spektroskopii absorpcyjnej i elektronowej. Poszczególne sesje poświęcono m.in. izolatorom topologicznym, półmetalom Weyla, materiałom organicznym, nanostrukturalnym i skorelowanym.

Spotkanie ESFRI **19–21 czerwca 2017 r.**

Spotkanie Europejskiego Forum Strategicznego Infrastruktur Badawczych (*the European Strategic Forum on Research Infrastructures* – ESFRI), zorganizowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz Centrum SOLARIS. Spotkania ESFRI odgrywają kluczową rolę w kształtowaniu polityki w zakresie infrastruktur badawczych funkcjonujących na terenie Unii Europejskiej. Forum promuje również inicjatywy sprzyjające lepszemu wykorzystaniu i rozwojowi ośrodków badawczych.

EUSpec WG2-WG5 COST Workshop **4–5 April 2017**

A workshop of the COST scientific network, organized by the Gdańsk University of Technology, the Institute of Physics of the Polish Academy of Sciences, the Academic Centre for Materials and Nanotechnology of the AGH University of Science and Technology, and the SOLARIS Centre. The meeting served as a forum for exchange of knowledge and experience regarding research conducted using electron and absorption spectroscopy. Individual sessions were devoted to, among other topics, topological insulators, Weyl semimetals, and organic, nanostructured and correlated materials.

ESFRI Meeting **19–21 June 2017**

The meeting of the European Strategic Forum on Research Infrastructures – ESFRI, organized by the Ministry of Science and Higher Education and the SOLARIS Centre, plays a key role in the formation of policy for research infrastructure operating within the European Union. The forum also promotes initiatives which support the development and better use of research centres.

Walne Zgromadzenie CERIC-ERIC

26–27 października 2017 r.

W dwudniowych obradach uczestniczyło dwudziestu przedstawicieli państw członkowskich Konsorcjum Środkowoeuropejskiej Infrastruktury Badawczej CERIC-ERIC: Polski, Austrii, Czech, Rumunii, Serbii, Słowenii, Węgier i Włoch. Podczas spotkania w Krakowie do konsorcjum oficjalnie dołączyła Chorwacja, która jako instytucję partnerską wskazała Instytut Ruđera Boškovića z Zagrzebia. Dzięki temu w ofercie badawczej CERIC-ERIC znalazły się dwa elektrostatyczne akceleratory jonów typu tandem.

21. Warsztat ESLS-RF

15–16 listopada 2017 r.

Coroczne spotkanie specjalistów zajmujących się w europejskich ośrodkach synchrotronowych częstotliwościami radiowymi (*European synchrotron light sources radio frequency* – ESLS-RF). Warsztaty umożliwiają nawiązywanie eksperckich kontaktów i sprzyjają rozwijaniu międzynarodowej współpracy. Ich uczestnicy wymieniają się doświadczeniami w zakresie obsługi systemów RF, a także omawiają bieżące problemy i wyzwania związane z funkcjonowaniem i rozwojem ośrodków synchrotronowych.

CERIC-ERIC General Assembly

26–27 October 2017

Twenty representatives of the member countries of the CERIC-ERIC Central European Research Infrastructure Consortium took part in the two-day discussions, including representatives from Poland, Austria, Czechia Hungary, Italy, Romania, Serbia, and Slovenia. During the meeting in Kraków, Croatia officially became a member of the consortium, and identified as its partner institution the Ruđer Bošković Institute of Zagreb. Thanks to this addition, the research offer of CERIC-ERIC now includes two electrostatic tandem ion accelerators.

21st ESLS-RF Workshop

15–16 November 2017

An annual meeting of specialists dealing with synchrotron light sources radio frequency in European centres (*European synchrotron light sources radio frequency* – ESLS-RF). The workshops facilitate contacts between experts and promote the development of international cooperation. Participants share experiences in terms of operating RF systems, and also discuss current problems and challenges associated with the operation and development of synchrotron centres.



Uczestnicy spotkania LEAPS podczas zwiedzania Centrum SOLARIS, luty 2017 r.

The LEAPS meeting participants during their tour of the SOLARIS Centre, February 2017

fot./photo: Agata Chreścianek



Obrady Europejskiego Forum Strategicznego Infrastruktur Badawczych, Polska Akademia Umiejętności, czerwiec 2017 r.

The European Strategic Forum on Research Infrastructures proceedings, the Polish Academy of Arts and Sciences, June 2017

fot./photo: Paweł Kania

Spotkanie European Synchrotron and FEL User Organisation (ESUO)

9–10 kwietnia 2018 r.

Spotkanie przedstawicieli organizacji skupiających użytkowników promieniowania synchrotronowego oraz laserów na wolnych elektronach z Unii Europejskiej i Rosji. W czasie konferencji dyskutowano na temat wspólnych procedur aplikowania o dostęp do europejskich infrastruktur badawczych. Omawiano także dotychczasowe osiągnięcia w badaniach prowadzonych z wykorzystaniem światła synchrotronowego i laserów na wolnych elektronach.

Meeting of the European Synchrotron and FEL User Organisation (ESUO)

9–10 April 2018

A meeting of representatives of organizations which bring together users of synchrotron radiation and free-electron lasers from the European Union and Russia. During the conference, discussions were held on common procedures for applications for access to European research infrastructure. Achievements to date in research conducted using synchrotron light and free-electron lasers were also discussed.

17. Międzynarodowa Konferencja Absorpcji Promieniowania Rentgenowskiego

22–27 lipca 2018 r.

Konferencja poświęcona była najnowszym osiągnięciom nauki oraz technologii związanych z promieniowaniem synchrotronowym. Wydarzenie zorganizowało Polskie Towarzystwo Promieniowania Synchrotronowego, pod auspicjami Międzynarodowego Towarzystwa Absorpcji Rentgenowskiej (*the International X-ray Absorption Society – IXAS*), we współpracy z Centrum SOLARIS, Uniwersytetem Jagiellońskim oraz Instytutem Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk.

17th International Conference on X-ray Absorption Fine Structure

22–27 July 2018

The conference was focused on recent advances in synchrotron radiation science and technology. The event was organized by the Polish Synchrotron Radiation Society under the auspices of the International X-ray Absorption Society – IXAS, in collaboration with the SOLARIS Centre, the Jagiellonian University, and the Henryk Niewodniczański Institute of Nuclear Physics of the Polish Academy of Sciences.

Hercules Regional School

5–9 listopada 2018 r.

Międzynarodowa szkoła synchrotronowa zorganizowana przez synchrotron ESRF, Polskie Towarzystwo Promieniowania Synchrotronowego oraz Centrum SOLARIS. W szkole uczestniczyli doktoranci i studenci z Polski, Słowacji i Czech. Słuchacze brali udział w wykładach i zajęciach praktycznych na temat technik badawczych wykorzystywanych w ośrodkach synchrotronowych, m.in. obrazowania, spektroskopii, absorpcji, dyfrakcji proszkowej, ARPES i XPEEM.

Hercules Regional School

5–9 November 2018

An international synchrotron school organized by the ESRF synchrotron, the Polish Synchrotron Radiation Society, and the SOLARIS Centre. Doctoral and graduate students from Poland, Slovakia, and Czechia took part in the school. Participants attended lectures and practical workshops on the topic of research techniques which make use of synchrotron centres, including imaging, spectroscopy, absorption, powder diffraction, ARPES, and XPEEM.

XXVI European Synchrotron Light Source Workshop

27–28 listopada 2018 r.

Coroczny międzynarodowy warsztat dla specjalistów z ośrodków synchrotronowych i laserów na wolnych elektronach. Podczas spotkań omawiane są kwestie projektowania, budowy, modernizacji i obsługi synchrotronów oraz laserów na wolnych elektronach. Uczestnicy dzielą się zdobytymi doświadczeniami oraz dyskutują o najlepszych rozwiązaniach w zakresie obsługi, budowy oraz modernizacji synchrotronów i laserów na wolnych elektronach.

26th European Synchrotron Light Source Workshop

27–28 November 2018

An annual international workshop for specialists from synchrotron centres and centres working with free-electron lasers. During meetings, issues of design, construction, modernization, and maintenance of synchrotrons and free-electron lasers are discussed. Participants share the experience they have gained and discuss the optimum solutions in terms of operation of these types of facilities.



Uczestnicy warsztatu ESLS, Centrum SOLARIS, listopad 2018 r.

ESLS Workshop attendees, the SOLARIS Centre, November 2018

fot./photo: Agata Chreścijanek

Popularyzacja nauki

Agata Chrześcijanek

Zgodnie ze swoją misją Centrum SOLARIS aktywnie promuje nauki ścisłe oraz informuje o roli badań naukowych w rozwoju społeczeństw. Tylko w 2018 r. ośrodek odwiedziły 2 844 osoby, w tym 700 uczniów szkół podstawowych, gimnazjów, liceów i techników. W 2016 i 2017 r. otworzyliśmy ośrodek dla uczestników ogólnopolskich „Dni Otwartych Funduszy Europejskich”. W latach 2016–2018 r. zorganizowaliśmy wydarzenia w ramach **Małopolskiej Noc Naukowców** i **Małopolskiego Festiwalu Innowacji**, a także dzięki współpracy z Wydziałem Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Jagiellońskiego prezentowaliśmy się podczas odbywającego się na Rynku Głównym **Festiwalu Nauki i Sztuki**. Z okazji **Święta Uniwersytetu Jagiellońskiego** w 2018 r.

Popularisation of science

Agata Chrześcijanek

In line with its mission, the SOLARIS Centre actively promotes the hard sciences and disseminates information on the role of scientific research in the development of society. Just in 2018, the Centre was visited by 2 844 persons, including 700 primary and secondary school students. In 2016 and 2017, the Centre was opened to participants in the national “**European Union Funds Open Days**” program. Between 2016 and 2018, the Centre organized events as part of the **Małopolska Researchers’ Night** and the **Małopolska Festival of Innovation**, and in cooperation with the Faculty of Physics, Astronomy and Applied Computer Science of the Jagiellonian University the Centre presented its offer and achievements during the **Festival of Science and Art** which was organized on



Zwiedzanie SOLARIS,
Małopolska Noc
Naukowców 2018

Visiting SOLARIS, the
Małopolska Researchers’
Night 2018

fot./photo: Emilia Król



Święto Uniwersytetu
Jagiellońskiego 2018,
Gordon Monahan
„Wirujące głośniki”

The Jagiellonian
University Day 2018,
Gordon Monahan
“Speaker Swinging”

fot./photo: Michał Piekarski



Małopolska Noc Naukowców 2018

The Małopolska Researchers' Night 2018

fot./photo: Emilia Król



Małopolska Noc Naukowców 2018

The Małopolska Researchers' Night 2018

fot./photo: Emilia Król

na hali eksperymentalnej synchrotronu można było obejrzeć trzygodzinne widowisko multimedialne zatytułowane „Akcja rotacja”. Z kolei dzięki współpracy z Centrum Edukacji Przyrodniczej UJ znaleźliśmy się wśród infrastruktury prezentowanych **na wystawie „Akceleratory”**, dostępnej dla odwiedzających CEP na przełomie 2018 i 2019 r.

the Main Square of Kraków. On the occasion of **the Jagiellonian University Day** in 2018, it was possible to enjoy a three-hour multimedia spectacle entitled “Action-Rotation”. In cooperation with the Natural Sciences Education Centre of the Jagiellonian University, the Centre was included in **the exhibition of infrastructures entitled “Accelerators”**, available to those visiting the NSEC at the turn of 2018 and 2019.



Festiwal Nauki i Sztuki 2018

The Festival of Science and the Arts 2018

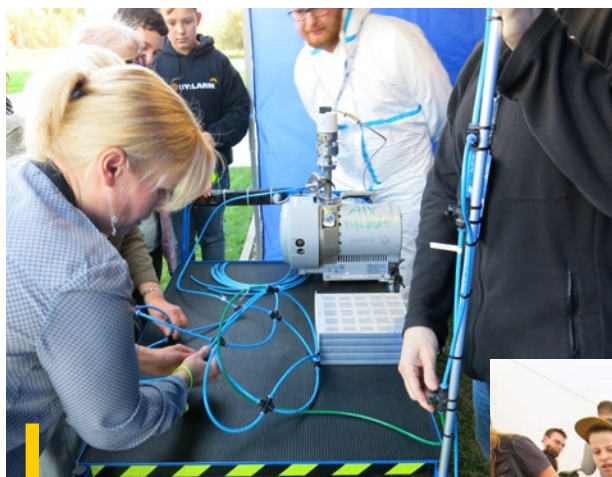
fot./photo: Agata Chrześcijanek



Festiwal Nauki i Sztuki 2018

The Festival of Science and the Arts 2018

fot./photo: Agata Chrześcijanek



Małopolska Noc Naukowców 2017

The Małopolska Researchers' Night 2017

fot./photo: Katarzyna Bester-Ostrowska

Festiwal Nauki i Sztuki 2016

The Festival of Science and the Arts 2016

fot./photo: Agata Chrześcijanek







**Narodowe Centrum
Promieniowania Synchrotronowego
SOLARIS**

Uniwersytet Jagielloński

ul. Czerwone Maki 98

30-392 Kraków

tel. 12 664 40 00

e-mail: synchrotron@uj.edu.pl

www.synchrotron.pl