INSTYTUT FIZYKI PLAZMY I LASEROWEJ MIKROSYNTEZY

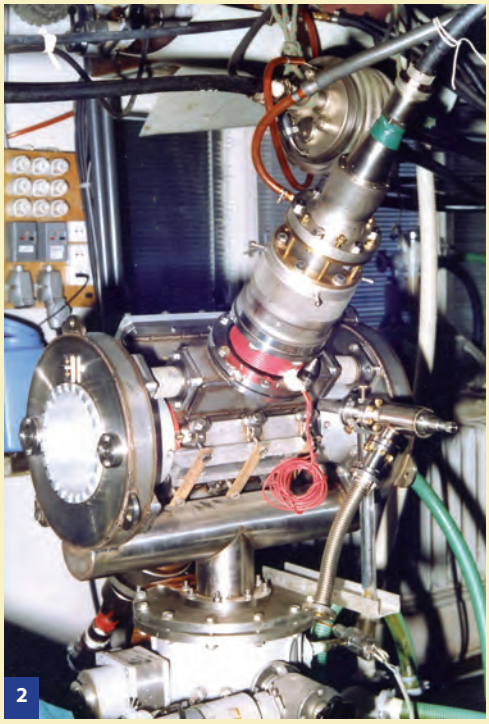
40 lat badań dla przyszłości

1

Dobre początki

Instytut Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy został utworzony 1 stycznia 1976 roku z czterech zespołów badawczych wydzielonych wcześniej z Wojskowej Akademii Technicznej. Instytut podporządkowano ówczesnemu Ministerstwu Nauki, Szkolnictwa Wyższego i Techniki. Pierwszym dyrektorem instytutu został prof. Sylwester Kaliski. Instytut utworzono z zamiarem badania różnych metod i urządzeń do wytwarzania gorącej plazmy, w których mogą zachodzić reakcje syntezy termojądrowej (fuzji) jąder izotopów wodoru (reakcje DD – deuter-deuter albo DT – deuter-tryt). Prace te miały sprawdzać, jakie należy spełnić warunki, aby ww. metody i układy mogły w przyszłości służyć do opracowania nowego źródła energii elektrycznej, bezpiecznego dla ludności i środowiska. Badania te rozpoczęto już we wspomnianych zespołach w WAT. Badano plazmę wytwarzaną laserem, plazmę generowaną wyładowaniem silnoprądowym w układach typu *plasma focus* oraz sprawdzano idee profesora Kaliskiego, dotyczące kompresji plazmy za pomocą materiałów wybuchowych. Na początku lat 70. uzyskano kilka bardzo ważnych rezultatów, które znalazły szerokie uznanie krajowe i międzynarodowe.

W drugiej połowie lat siedemdziesiątych i w latach osiemdziesiątych kontynuowano w IFPiLM prace rozpoczęte w WAT. Zbudowany w Instytucie czterowiązkowy laser na szkle neodymowym (laser Nd) stosowano do kwazi-sferycznej kompresji mikrotarcz wypełnionych deuterem. Do badań tego procesu stosowano oryginalne układy diagnostyczne przygotowane w IFPiLM. Zbudowany także w Instytucie laser na dwutlenku węgla był stosowany do badania tzw. zjawisk anomalnych w plazmie laserowej, wpływających na przyspieszanie elektronów i jonów. Procesy te zmniejszają efektywność fuzji laserowej. Badania plazmy laserowej realizowano także we współpracy z Instytutem Fizyki RAN Moskwie (FIAN) kierowanym przez prof. N. Basowa, laureata nagrody Nobla. W FIAN badano wspólnie laserową kompresję mikrosfer wypełnionych deuterem z użyciem dużych laserów i diagnostyk przygotowanych w IFPiLM. Po roku 1976 i w latach osiemdziesiątych kontynuowano także



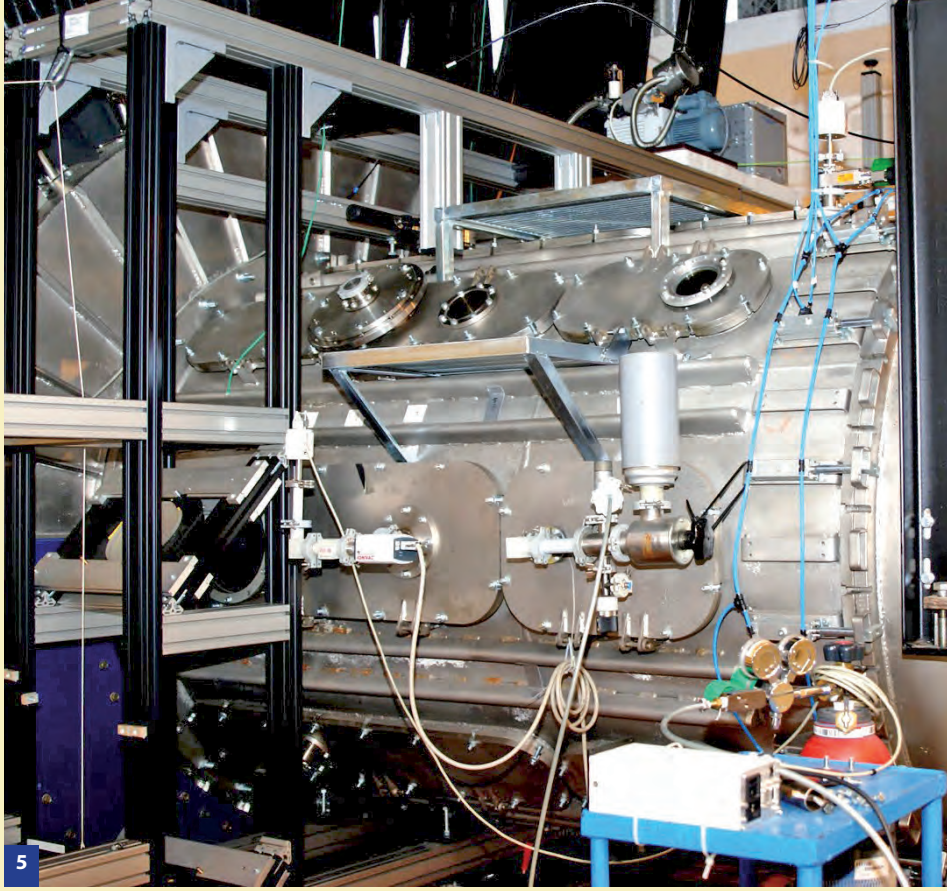
2

badania plazmy w układzie *plasma focus* PF-150 zbudowanym w roku 1993 przez Instytut Badań Jądrowych w Świerku. We wrześniu 1978 roku zmarł prof. Sylwester Kaliski. Dyrektorem instytutu został doc. inż. Sławomir Denus.

Trudne lata 80. i 90.

Na początku lat 90. podjęto decyzję o podziale instytutu na dwie części. Jedna została włączona do WAT, druga pod dotychczasową nazwą Instytut Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy im. S. Kaliskiego została podporządkowana Państwowej Agencji Atomistyki. Dyrektorem instytutu został dr Zygmunt Składanowski. Kierował on Instytutem do września 2010 roku.

W tym czasie uruchomiono w instytucie jeden z największych na świecie układ *plasma focus* PF-1000, również zbudowany w IBJ dla IFPiLM. Od początku optymalizowano wyładowania w tym układzie celem zwiększenia wydajności reakcji fuzji i efektywności różnych zastosowań. W drugiej połowie lat dziewięćdziesiątych utworzono w IFPiLM pod auspicjami UNESCO Międzynarodowe Centrum Gęstej Plazmy Namagnetyzowanej do koordynacji międzynarodowych badań na układzie PF-1000. W połowie lat dziewięćdziesiątych zbudowano w IFPiLM laser neodymowy o mocy 1 TW w impulsie ~1 ps. Z użyciem tego lasera badano oddziaływania takiego impulsu laserowego z różnymi tarczami, w tym mechanizmy przyspieszania jonów. Bardzo owocna była rozpoczęta w latach dziewięćdziesiątych współpraca naukowa IFPiLM z Instytutem Fizyki CSAN. W tym instytucie stosowano duży laser jodowy PERUN i przygotowane w IFPiLM układy diagnostyczne do badań plazmy laserowej. Już w latach dziewięćdziesiątych prowadzone były modelowania numeryczne dotyczące fizyki plazmy w termojądrowych układach tokamak, w których gorąca plazma jest utrzymywana w toroidalnych pułapkach magnetycznych. Prace realizowano we współpracy z wieloma zagranicznymi ośrodkami naukowymi.


5

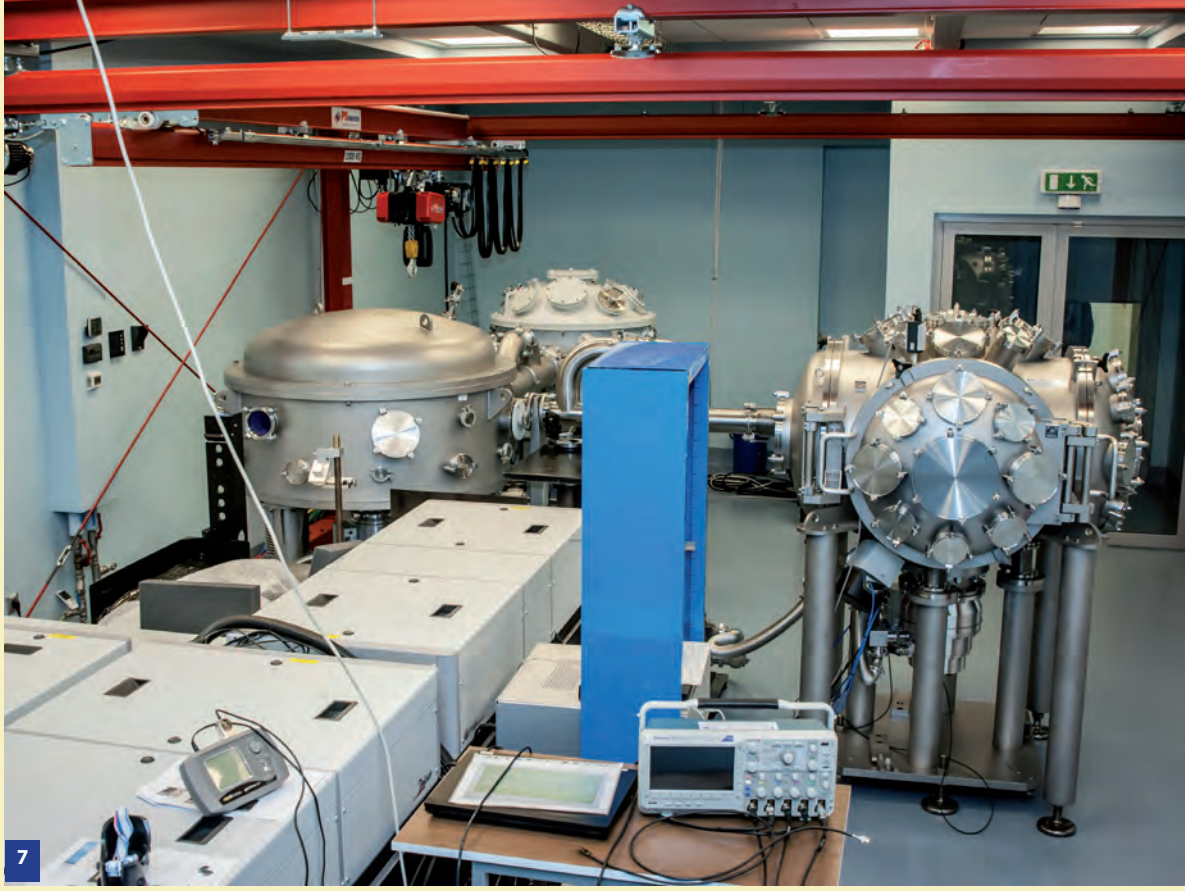
3

Instytut w europejskich programach badawczych od roku 2005

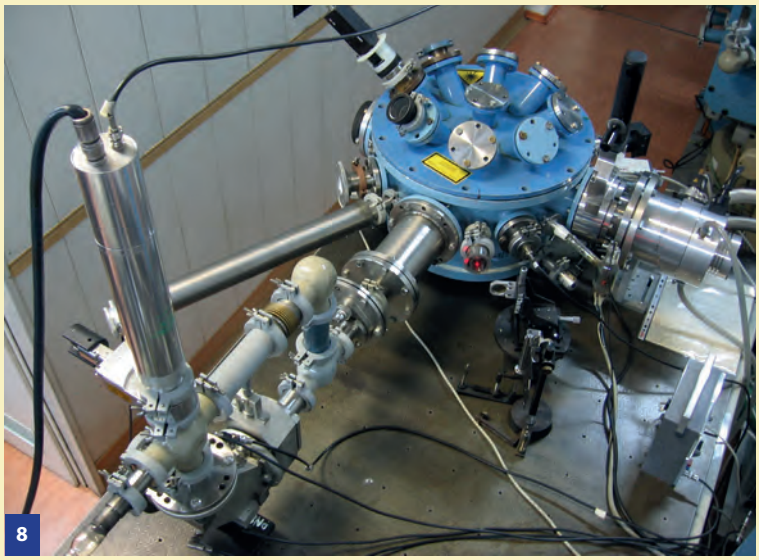
Przełomem w działalności Instytutu było podpisanie z Komisją Europejską Kontraktu Asocjacyjnego w roku 2005. Na jego podstawie rozpoczęła w Polsce działalność koordynowana przez IFPiLM Asocjacja EURATOM-IFPiLM grupująca kilkanaście polskich ośrodków zajmujących się badaniami i technologiami fuzyjnymi w układach z magnetycznym utrzymaniem plazmy (MCF) tzn. w tokamakach i w stellaratorach. W ramach projektów europejskiego programu fuzji jądrowej w Instytucie rozpoczęto od podstaw opracowanie metod diagnostycznych dla układów MCF, stosowanie technik laserowych w technologiach fuzyjnych i badania efektów oddziaływania plazma – ściana, także z użyciem układu PF-1000. Dla stellaratora W7-X (w Greifswaldzie, Niemcy) przygotowano dwa układy do diagnostyki rentgenowskiej, a dla europejskiego tokamaka JET – oryginalny detektor promieniowania X (detektor GEM). IFPiLM uczestniczy w dużym projekcie

4

6

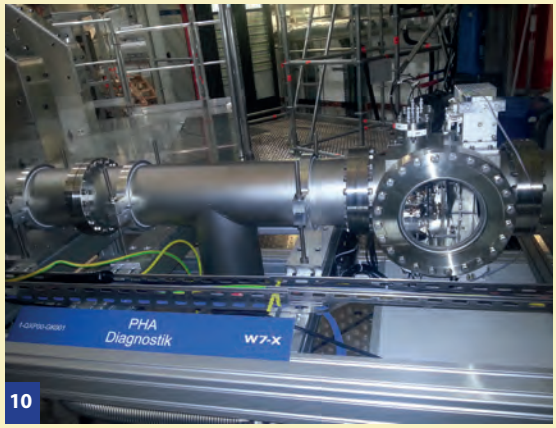


7



8

9



10

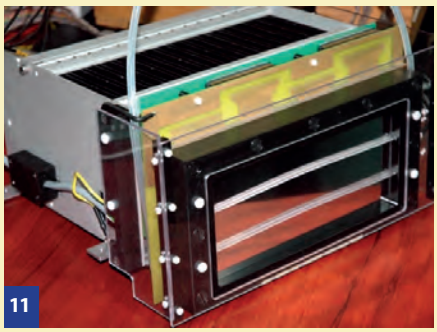
dotyczącym opracowania koncepcji radialnej kamery neutronowej dla budowanego wielkiego tokamaka ITER (w Cadarache, Francja). Tokamak ten budowany jest w ramach światowego projektu ITER. W IFPiLM realizowane są modelowania numeryczne plazmy w układach MCF. Sukcesywnie zwiększa się udział naukowców z IFPiLM w badaniach na dużych tokamakach w Europie (głównie na układzie JET w Culham, Wielka Brytania). W programie EURATOM jest też projekt dotyczący fuzji laserowej (IFE) realizowany w IFPiLM. Od roku 2014 europejski program fuzyjny jest koordynowany przez konsorcjum EUROfusion. Program krajowy koordynuje IFPiLM w ramach Centrum – Nowe Technologie Energetyczne (CeNTE). W roku 2014 utworzony został w IFPiLM Krajowy Punkt Kontaktowy wspierający realizację polskiego programu fuzyjnego.

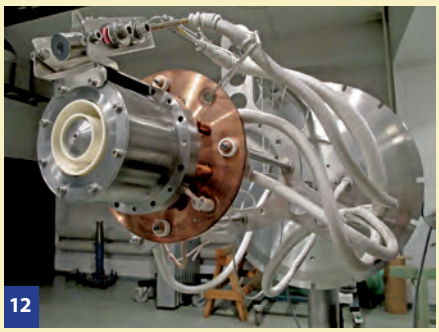
W połowie lat dziewięćdziesiątych zbudowano w IFPiLM laser neodymowy o mocy 1 TW w impulsie ~1 ps. Z użyciem tego lasera badano oddziaływania takiego impulsu laserowego z różnymi tarczami, w tym mechanizmy przyspieszania jonów. W latach 2004-2007 zespół z IFPiLM uczestniczył w projekcie europejskim SEMINANO przygotowując metodykę implantacji jonów generowanych laserem w materiałach półprzewodzących celem tworzenia w nich nanokryształów. Od roku 2008 Instytut bierze udział w europejskim projekcie HiPER dotyczącym zbudowania w Europie lasera dla zademonstrowania fuzji laserowej, stosując jedną z nowych opcji „zapłonu" paliwa DT. Od roku 2013 projekt ten jest wspierany jedynie środkami krajowymi. Obok prac dotyczących fuzji laserowej w IFPiLM realizowane są badania oddziaływań laserów dużej mocy z materią. Większość tych prac jest wykonywana w ramach konsorcjum LaserLab-Europe realizowanych głównie w Ośrodku Badawczym PALS w Pradze (Republika Czeska). W IFPiLM w latach 2011-2013 wykonano modernizację Laboratorium

Laserów Wielkiej Mocy w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego woj. mazowieckiego. Zbudowano aparaturę do badania plazmy generowanej laserem wielkiej mocy (10 TW w 40 fs), który zakupiono wcześniej w ramach projektu HiPER. W laboratorium badane są oddziaływania lasera wielkiej mocy z materią w ramach projektów finansowanych przez Narodowe Centrum Nauki i projektów międzynarodowych.

W latach 2012-2013 zmodernizowano układ PF-1000 (teraz PF-1000U), co znacznie zwiększyło możliwości zastosowań tego układu do badań plazmowych i aplikacyjnych. W Laboratorium Symulowanych Wyładowań Atmosferycznych w IFPiLM realizowane jest komercyjne zastosowanie generatorów prądu wielkiej mocy (podobnych do generatora PF-1000U) do badania odporności różnych urządzeń na wyładowania atmosferyczne.

Od roku 2007 w Instytucie rozpoczęto badania i budowę plazmowych napędów satelitarnych w ramach projektów międzynarodowych. W 2013 roku zbudowany w IFPiLM prototyp takiego napędu (silnik typu Halla) przeszedł pomyślnie testy w laboratoriach ESA w Holandii i w IFPiLM.


11


12

Stan Instytutu w 2015 r.

Od roku 2001 Instytut podlega Ministerstwu Gospodarki. Działalność IFPiLM jest finansowana w części przez MNiSW (dotacja statutowa i projekty badawcze) oraz przez fundusze pochodzące z projektów międzynarodowych (głównie projekty EUROfusion). W Instytucie są dwa Oddziały naukowe (Oddział Plazmy Wytwarzanej Laserem i Oddział Plazmy w Polu Magnetycznym).

IFPiLM organizuje w Warszawie co dwa lata międzynarodową konferencję pod nazwą „PLASMA" (ostatnio PLASMA-2015) i również co dwa lata letnią szkołę dotyczącą fuzji w Kudowie.

W IFPiLM jest zatrudnionych 85 pracowników (w tym 10 profesorów i 25 doktorów). Od października 2010 r. dyrektorem instytutu jest dr hab. Andrzej Gałkowski. W roku 2013 Instytut uzyskał kategorię „A" w wyniku bardzo dobrej oceny jego dorobku naukowego przez Komitet Ewaluacji Jednostek Naukowych.

Opracował: **prof. Jerzy Wołowski**

40 years of the history of the S. Kaliski Institute of Plasma Physics and Laser Microfusion

The Institute of Plasma Physics and Laser Microfusion (IPPLM) was established on 1st January 1976. The newly-created institute realized research on the properties of laser-produced plasma, plasma generated in high-current discharges in plasma-focus devices, and compression of plasma using explosive materials. For the research, there were used pulse lasers, constructed in the IPPLM, and the plasma focus machines, built in the Institute of Nuclear Research (IBJ) in Świerk. After the death of the first director and patron of the IPPLM, Gen. Prof. Sylwester Kaliski, in 1978, his successor became Dr. S. Denus. In the period 1978 – 1992, the IPPLM continued its previous research plan, mainly in cooperation with IBJ and the Physics Institute (FIAN) in Moscow. Interesting results were achieved, some of which concerned controlled laser fusion.

In 1993, the Institute split up; one part was joined by the Military University of Technology (WAT), the second part became a separate institute under the IPPLM name under the supervision of the National Atomic Energy Agency. In the following years, with a new director, Dr. Składanowski, research projects related to plasma physics and fusion technology were carried out. From 2000, the cooperation with the Institute of Plasma Physics CSAS in Prague (Czech Rep.) was broadened by means of its iodine PALS laser used for the research in laser plasma. Most of this research was financed by the LASERLAB-Europe Consortium.

On 1st January 2007, the Euratom-IPPLM Association was established for coordination by the IPPLM over ten institutions all over Poland that carry out research in plasma physics and technology related to magnetic confinement fusion in the tokamaks and stellarators. New projects were initiated: study of plasma processes in tokamaks, research in fusion technology, development of diagnostics for tokamaks (JET, WEST and ITER), and for the stellarator W7-X. In the Institute, there is also the headquarters of the National Contact Point for the works of the EURATOM programme. The International Centre for Dense Magnetized Plasma (ICDMP), supported by UNESCO, was created in the IPPLM for increasing the research in the big plasma focus PF1000 device. Since 2007, the IPPLM has participated in the European HiPER project, whose aim is to build a fusion infrastructure to demonstrate the effectiveness of laser fusion. In 2010, the IPPLM bought a powerful laser (~10 TW, in 40-fs pulse) for research on a high-intensity laser-matter interaction. The main aim of the activity of the Lightning Tests Laboratory (LSWA) in the IPPLM is research on the resistance of the various devices against the lighting interaction.

After the year 2013, the research and development of fusion in Europe is coordinated by the EUROfusion Consortium. The Polish fusion programme is presently coordinated by the IPPLM within the Center of New Technologies for Energy (CeNTE). Generally, the previously realised research is continued.

From 2001 until now, the Institute is under the supervision of the Ministry of Economy. Basic financial support comes from the Ministry of Science and Higher Education. Since October 2010, the director of the Institute has been Prof. Andrzej Gałkowski. In 2010, the IPPLM achieved a high position on the Ministry's list of research institutions connected with research on Energy. Currently, the Institute has 85 workers in its employ, including 45 researchers.

Podpisy do zdjęć:

1. **Hala laboratoryjna w IFPiLM**
2. **Komora wyładowcza koncentratora *plasma focus* PF-150**
3. **Laser czterowiązkowy Nd stosowany do badań kwasisferycznej kompresji mikrobalonów wypełnionych deuterem**
4. **Stanowisko do badań oddziaływań lasera pikosekundowego z tarczami stałymi**
5. **Układ *plasma focus* PF-1000U po modernizacji**
6. **Generator lasera Nd o mocy 1 TW w impulsie ~1 pikosekunda**
7. **Laser 10 TW i komora eksperymentalna w Laboratorium Laserów Wielkiej Mocy**
8. **Zestaw eksperymentalny do badań oddziaływania laser-tarcza**
9. **Zestaw eksperymentalny do badań laserowego usuwania kodepozytu z elementów wewnętrznych komory tokamaka**
10. **Układ PHA do pomiaru promieniowania rentgenowskiego w stellaratorze W7-X w Greifswaldzie (Niemcy)**
11. **Detektor GEM (Gas Electron Multiplier) przeznaczony do badań emisji promieniowania X emitowanego w układach tokamak**
12. **Plazmowy silnik satelitarny typu Halla**

Zdjęcia: Archiwum IFPiLM