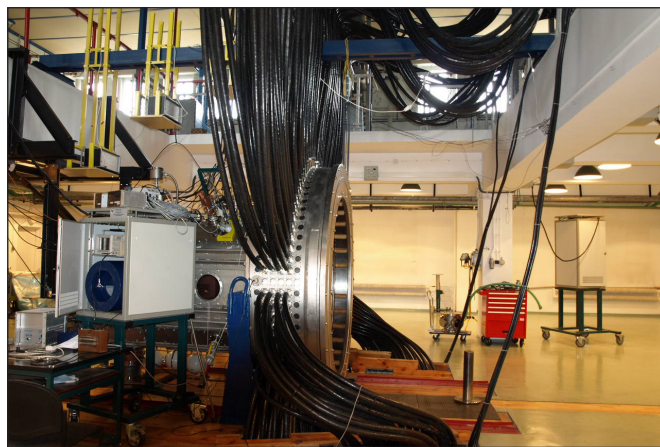




Elektrody układu PF z systemem dynamicznego napuszczania gas-puff



Widok komory eksperymentalnej

Fuzja wielkich nadziei

W Polsce fuzję jądrową zajmuje się Instytut Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy. Obecnie są tu prowadzone badania podstawowe i prace aplikacyjne w zakresie fizyki plazmy wytwarzanej impulsowo laserami i w układach z magnetycznym utrzymaniem plazmy, fuzji jądrowej i impulsowych technologii wielkich mocy. Podstawowe znaczenie dla badań związanych z syntezą termojądrową do celów energetycznych mają pomiary parametrów plazmy.

Prof. Andrzej Gałkowski, dyrektor Instytutu szczeni się posiadaniem jednego z największych urządzeń na świecie plasma-focus DPF-1000U. Plazma wytwarzana za pośrednictwem tego typu urządzeń jest obiektem intensywnych badań prowadzonych m.in. w USA, Rosji, Niemczech, Włoszech.

ŚWIATOWY UNIKAT

Urządzenie w warszawskim instytucie ze względu na swoje parametry techniczne oraz nowoczesne wyposażenie diagnostyczne przyciąga na warszawskie Bemowo badaczy z wielu krajów świata. Ponadto DPF-1000U – podkreśla dr Monika Kubkowska z IFPiLM – jest znakomitym układem do testowania i rozwijania różnych diagnostyk, w szczególności neutronowych.

TOKAMAKI I STELLARATORY

Tych urządzeń fizycznie w Polsce nie ma. A i w świecie jest ich niewiele. Co wcale nie oznacza, że nie są one nasze – twierdzi prof. Andrzej Gałkowski.

JET (Joint European Torus), największy działający eksperymentalny tokamak (od Toroidalna Kamiera s Magnitnymi Katuszkami) znajdujący się w Culham koło Oxfordu w Anglii jest własnością Wspólnoty EURO-ATOM. Dzięki przystąpieniu do niej IFPiLM, co skutkuje uczestnictwem w europejskim programie fuzji jądrowej, ma miejsce stały, aktywny udział naukowców z białostockiego instytutu w badaniach w Culham.

Pracownicy IFPiLM projektują w Anglii eksperymenty, przeprowadzają prace doświadczalne. na rzecz JETa w Wielkiej Brytanii oraz w Polsce. Tak jak to miało miejsce m.in. w wypadku przygotowania i testowania aktywacyjnej diagnostyki neutronowej stosowanej następnie na tokamaku JET.

Tych prac na swoim koncie mamy więcej – zaznacza dr inż. Marian Paduch – na przykład opracowanie nowych metod diagnostycznych rejestracji produktów reakcji fuzji jądrowej i promieniowania plazmy w korelacji z ewolucją i dynamiką plazmy, czy stworzenie nowych technik diagnostycznych rejestracji ultraszybkich procesów.

Prowadzone są też badania materiałowe w ramach międzynarodowego projektu ITER oraz europejskiego projektu reaktora fuzyjnego DEMO.

NASI U MAXA PLANCKA

Grupa naukowców IFPiLM po doświadczeniach i nabytych umiejętnościach na tokamaku JET realizuje obecnie i inne projekty mające na celu zaprojektowanie detektorów gazowych typu GEM np. do diagnostyki rentgenowskiej dla tokamaka WEST, budowanego obecnie w Cadarache we Francji.

W IFPiLM działa pod auspicjami UNESCO Międzynarodowe Centrum Gęstej Plazmy Namagnetyzowanej (International Centre for Dense Magnetized Plasmas - ICDMP). Przewodniczącym Międzynarodowej Rady Naukowej Centrum jest prof. Paweł Kubes z Politechniki Praskiej, a członkami uczeni z Francji, Niemiec, Włoch, Czech, Bułgarii, Singapuru, Estonii, Indii i Malezji. Celem ICDMP jest tworzenie odpowiednich warunków do badań zjawisk fizycznych występujących w plazmie generowanej w urządzeniach typu plasma focus, szkolenie młodych naukowców oraz międzynarodowa wymiana naukowa między instytucjami zajmującymi się tą tematyką. Międzynarodowy zespół naukowców skupionych w Centrum w ciągu ostatnich kilku lat opublikował w ponad 50 czasopiśmie z listy filadelfijskiej artykuły z wynikami prowadzonych prac. Dwóch pracowników IFPiLM, członków zespołu laboratorium PF-1000 (mającego status Europejskiego Laboratorium) za badania pól magnetycznych w układach Plasma-Focus zostało uhonorowanych nagrodą im. I. V. Kurczatowa.

Dzięki programowi NCBR „Badania i rozwój technologii dla kontrolowanej fuzji jądrowej” w ramach strategicznego projektu badawczego „Technologie wspomagające rozwój bezpiecznej energetyki jądrowej” począwszy od 2012 r. można było dokonać modernizacji aparatury diagnostycznej oraz samego urządzenia. Laboratorium PF-1000 było beneficjentem m.in. kolejnych Programów Ramowych UE (od 5. do 7.), realizowano siedem projektów Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej, w planach są kolejne trzy. Ponadto eksperymentatorom z tego laboratorium powierzono m. in. koordynację międzynarodowego projektu NATO w ramach Programu Science for Security.

W pracy dla tokamaka JET jest zaangażowana także grupa IFPiLM zajmująca się pomiarami neutronowymi, która m.in. przeprowadziła wielofoliowe aktywacyjne pomiary neutronów. Wyniki eksperymentu posłużyły jako test porównawczy dla wyników uzyskanych z obliczeń transportu neutronów. Użyte w pomiarach materiały aktywacyjne zostały specjalnie wyselekcjonowane i wstępnie przetestowane w polu neutronów urządzenia PF-1000.

Historycznie koncepcja tokamaka - przypomina dr Monika Kubkowska - była alternatywą dla urządzenia zwanego stellaratorem, gdzie podobnie do tokamaka, zastosowano pułapkę magnetyczną, tylko o bardziej skomplikowanym kształcie. Specjalnie zaprojektowany kształt cewek magnetycznych powoduje, że w stellaratorach nie występuje transformator, dlatego tego typu urządzenia nadają się do pracy ciągłej, a nie jak tokamaki - pracy impulsowej.

Ze względu na kształt pola magnetycznego wyróżnia się różnego rodzaju konfiguracje takie jak heliotron, heliac czy helias.

Ta ostatnia właśnie zastosowana została w najnowocześniejszym obecnie na świecie stellaratorze, zbudowanym tuż przy granicy Polski, w Greifswaldzie - stellaratorze Wendelstein 7-X (W7-X). 20 maja 2014 r. w Instytucie Fizyki Plazmy im. Maxa Plancka w Niemczech, odbyło się - z udziałem polskich uczonych i m. in. delegacji Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego - uroczyste otwarcie i uruchomienie tego urządzenia.

DWA UKŁADY

W projekcie W7-X znaczący udział ma Instytut Fizyki Plazmy i Laserowej Mikro-syntezy, który od kilku lat zaangażowany

jest w opracowanie i budowę dwóch diagnostyk rentgenowskich dla stellaratora Wendelstein 7-X. Projekt realizowany we współpracy z Instytutem Fizyki Plazmy w Greifswaldzie dotyczy dwóch układów spektroskopowych. Pierwszy z nich to układ spektroskopii bezdyspersyjnej z zastosowaniem analizy amplitudowej impulsów z chłodzonego detektora półprzewodnikowego pracującego w reżimie zliczania kwantów (metoda PHA - Pulse Height Analysis).

Drugi zaś to układ wielokanałowy z zastosowaniem matryc detektorów półprzewodnikowych, w którym wykorzystuje się różne filtry, co umożliwia obserwację widma promieniowania rentgenowskiego w szerokim zakresie spektralnym - badanie dotyczy szczegółowego opracowania metod pomiarów, wykonania próbných układów pomiarowych, przetestowania poszczególnych komponentów, przede wszystkim detektorów, jak i optymalizację pracy obu diagnostyk. Diagnostyki są instalowane na W7-X, a pierwsze wyniki eksperymentalne przewidywane są na 2015 r.

PO DRODZE DO WIELKIEJ SYNTEZY

Ponadto w IFPiLM od wielu lat prowadzone są też prace mające na celu badania zachowania się zanieczyszczeń plazmy podczas stosowania systemu grzania ICRH



Dodatkowe baterie 2 MJ

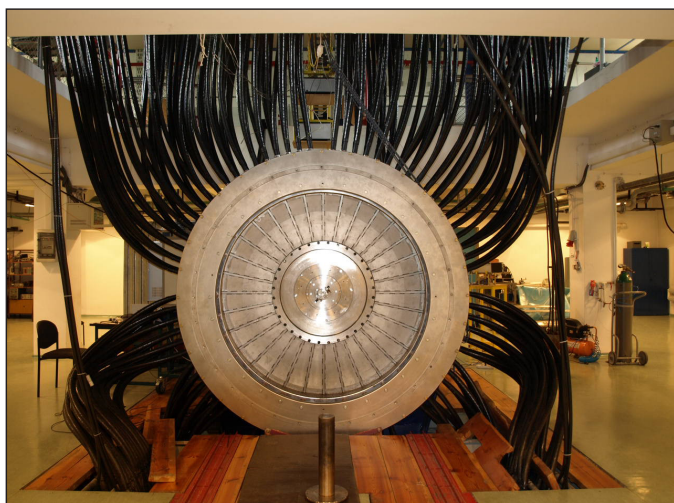
(Ion Cyclotron Resonance Heating) w tokamaku JET oraz ASDEX-Upgrade (AUG) zlokalizowanego w Garching w Niemczech. Również prace teoretyczne są ukierunkowane na badania transportu plazmy w urządzeniach fuzyjnych, analizę oddziaływań plazma-ściana oraz całościowy opis wyładowania w tokamakach (reaktorach) z uwzględnieniem sprzężenia pomiędzy plazmą centralną i brzegową. Grupa teoretyków z IFPiLM zaangażowana jest również w projekt pod nazwą Integrated Tokamak Modelling, w ramach którego powstaje zintegrowany system kodów numerycznych, bibliotek danych eksperymentalnych oraz danych atomowych, opisujących istniejące i przyszłe układy typu tokamak.

Badania oddziaływań plazma-ściana (tzw. Plasma-Wall-Interaction) są także realizowane przez grupę doświadczalną IFPiLM. Prowadzi się eksperymenty mające na celu badanie oddziaływań impulsów laserowych lub strumieni plazmy z różnymi materiałami (m.in. wolfram, węgiel, stal nierdzewna), które są planowane jako materiał konstrukcyjny reaktorów termojądrowych.

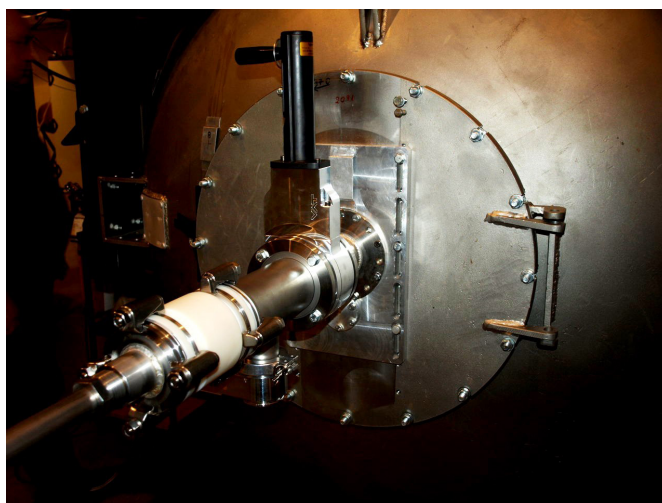
Ta tematyka jest bardzo istotna w badaniach plazmy z magnetycznym utrzymaniem i ma na celu opracowanie metody usuwania deponowanych na ścianach reaktora zanieczyszczeń oraz charakterystykę przebiegu tego procesu i jego produktów za pomocą różnych diagnostyk.

Tematyka prac prowadzonych w IFPiLM jest bardzo przyszłościowa, gdyż wiąże się z nowymi rozwiązaniami w energetyce. Zbudowanie reaktora termojądrowego ciągle jest odległe. Jednakże rezultaty prac zbliżających osiągnięcie tego celu przyczyniają się do postępu w innych dziedzinach, np. w medycynie.

■ **Marek Bielski**



Fragment komory eksperymentalnej



Śluza do wprowadzania próbek