

Plasma-Focus PF-1000U – impulsowe źródło neutronów prędkich

Sławomir Jednoróg, Marian Paduch, Krzysztof Tomaszewski, Ryszard Miklaszewski
Instytut Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy, Warszawa

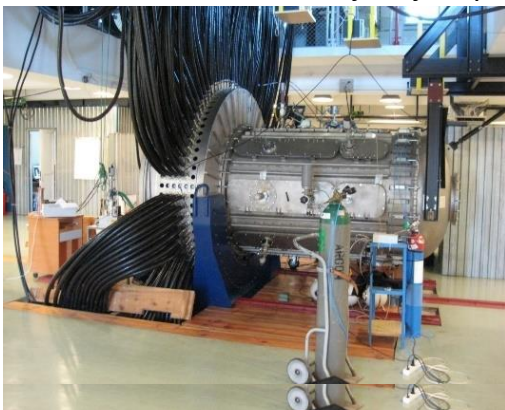
1920

1920-2020



100 LAT POLSKIEGO TOWARZYSTWA FIZYCZNEGO

2020



Plasma-Focus PF-1000U jest jednym z największych generatorów plazmy tego typu w świecie. Jego działanie polega na impulsowym wyładowaniu w gazie znajdującym się między dwiema koaksjalnymi elektrodami odseparowanymi izolatorem. Wysokie napięcie przyłożone do elektrod powoduje przebicie elektryczne na powierzchni izolatora. Gwałtowny wzrost prądu (w czasie rzędu 5 us) prowadzi do powstania warstwy plazmy, która napędzana siłą Lorenza $\vec{j} \times \vec{B}$ porusza się wzdłuż elektrod z prędkością $\sim 10^7$ cm/s natomiast prąd w końcowej fazie akceleracji powłoki plazmowej narasta do 3 MA. Po osiągnięciu końca elektrody centralnej następuje gwałtowny kolaps warstwy prądowej w kierunku osi układu co prowadzi do utworzenia gęstej ($\sim 10^{20}$ cm⁻³), gorącej (~ 1 keV), wydłużonej struktury nazywanej z angielska „pinchem”. Gwałtowny rozwój niestabilności MHD powoduje rozpad tej struktury, któremu towarzyszy intensywna emisja promieniowania jonizującego: miękkiego i twardego promieniowania X, strumieni jonów, elektronów oraz neutronów (gdy gazem wypełniającym komorę jest deuter). Neutrony pochodzą z jednego z kanałów reakcji DD: $D+D \rightarrow n(2.45\text{MeV}) + {}^3\text{He}(0.82\text{MeV})$. W tym miejscu należy podkreślić, że układy typu Plazma-Focus są jednymi z najsilniejszych impulsowych źródeł promieniowania neutronowego. PF-1000U, którego bateria kondensatorów pozwala zmagazynować energię ~ 1 MJ jest w stanie wyemitować impuls $5-6 \times 10^{11}$ neutronów (2.45 MeV) w impulsie trwający ~ 200 ns.

Niespodziewanie wysoka emisja neutronów towarzysząca wyładowaniu w układach Plasma-Focus oraz możliwości zastosowania impulsowych źródeł neutronów spowodowały zainteresowanie szeregu laboratoriów badaniami charakterystyk emisji neutronów z układów PF, takich jak anizotropia, spektrum energetyczne czy też zmiany intensywności emisji w czasie jej trwania.

Zespół IFPiLM zbudował nowoczesny system diagnostyk neutronowych, zdolny do działania w obecności silnych zakłóceń elektromagnetycznych w oparciu o klasyczne sondy neutronowe (scyntylator + fotopowielacz) charakteryzujące się czasem odpowiedzi ~ 5 ns oraz szybkie sondy (scyntylator + Multi Channel Plate) z czasem odpowiedzi ~ 0.5 ns. Sondy neutronowe (do 7 sztuk), umieszczone w odizolowanych elektromagnetycznie mobilnych kłatkach, ustawiane są w różnych odległościach od emitującej prędkie neutrony struktury plazmowej pozwalają metodą „time-of-flight” uzyskać informacje o rozkładach energetycznych, kątowych i czasowych emitowanego promieniowania. Całkowane w czasie charakterystyki promieniowania neutronowego np. rozkłady kątowe emisji w płaszczyźnie prostopadłej do osi układu uzyskiwane są za pomocą metody aktywacyjnej.

Prowadzone badania potwierdziły nietermiczny charakter emisji neutronów z układów typu Plasma – Focus oraz dostarczyły informacje niezbędne dla prowadzonych symulacji numerycznych modeli emisji neutronów. Doświadczenia zdobyte w badaniach emisji neutronów z układu PF-1000U wykorzystane zostały w trakcie udziału zespołu IFPiLM w procesie kalibracji diagnostyk tokamaka JET (Cullham) dla neutronów o energii 14 MeV.

