

Автор: Роман Залотуха

30 октября 2023

В плазменном фокусе: «Росатом» и МИФИ разработали термоядерный мини-реактор



Ученые Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» и Всероссийского научно-исследовательского института автоматики им. Духова (НИЯУ «МИФИ» и ВНИИА) разработали миниатюрный термоядерный реактор для контроля и проверки научной аппаратуры. Инновацию представили в августе на форуме «Армия-2023». Мы попросили рассказать подробности одного из участников разработки — заместителя директора Института физико-технических интеллектуальных систем НИЯУ «МИФИ», доцента кафедры «Прикладная ядерная физика» Елену Рябеву.



— *Как работает ваш мини-реактор?*

— Правильнее называть его нейтронным генератором на основе плазменного фокуса, однако в установке действительно фактически происходит термоядерный синтез в миниатюрных масштабах. Блок излучателя состоит из небольшой, всего несколько сантиметров в диаметре, разрядной камеры плазменного фокуса, накопителя энергии и высоковольтного ключа.

Камера плазменного фокуса — двухэлектродная система, в которую закачивается газ — изотопы водорода. Пока на электроды не подается высокое напряжение, это обычный газ. При подаче напряжения срабатывает ключ, и вся энергия из накопителя передается в камеру. Через нее проходит электрический ток силой сотни килоамперов, благодаря этому происходит ионизация газа и формируется горячая плазма специальной конфигурации — токоплазменная оболочка. Под действием собственного магнитного поля оболочка ускоряется между электродами и сжимается в точку — пинч, он и называется плазменным фокусом. Там происходят реакции термоядерного синтеза. Время удержания плазмы в виде очень плотного и горячего пинча (температура в нем как на поверхности Солнца) — несколько десятков наносекунд. В этот момент камера становится источником излучения, а когда напряжение с электродов снимается, газ возвращается в нормальное состояние и реакции синтеза уже не происходят.

— *Где можно использовать эту установку, для чего она нужна?*

— Прежде всего для калибровки научной аппаратуры — детекторов нейтронного и гамма-излучения в проектах класса мегасайенс. Можно проводить испытания на радиационную стойкость элементов детектирующих систем. Импульсное излучение часто повреждает электронику. Такие испытания необходимы, например, при разработке бортовой аппаратуры космических аппаратов, элементной базы радиоэлектроники. Также можно исследовать воздействие импульсного излучения разного типа на биологические объекты, выполнять нейтронно-активационный анализ вещества.

— *Есть ли в мире аналоги и чем ваше детище отличается от них?*

— В мире много стационарных и портативных установок на принципе плазменного фокуса с разными параметрами, габаритами. Особенность нашей — сочетание высокой эффективности генерации с портативностью и безопасностью.

Калибровка детекторов — задача достаточно сложная. Раньше все калибровки проводили на импульсных источниках — реакторах и ускорителях. Это многотонные громадины со множеством управляющих систем. Наша установка весит всего 150 кг, перемещать ее могут два подготовленных инженера.

Решения, положенные в основу генератора, позволили добиться рекордных показателей выхода нейтронов и эффективности генерации. Блок излучателя выдает суперкороткий импульс 15 нс, выход нейтронов при этом составляет до 10^7 . Кроме нейтронного блок излучателя генерирует другие виды ионизирующего излучения: мягкий и жесткий рентген, плазменные струи, электронные и ионные пучки.

— *Кто участвовал в проекте?*

— Выпускники и студенты МИФИ, сотрудники ВНИИА. Для создания такого устройства необходимы усилия физиков-ядерщиков, электрофизиков (очень сложные системы коммутации и обеспечения питания), инженеров-электронщиков, инженеров-испытателей и многих других специалистов. Основной вклад внесли начальник научно-исследовательской лаборатории ВНИИА Юрий Михайлов и аспирант МИФИ Виктор Лавренин.

— *Установка готова или работа над ней продолжается?*

— Мы развиваем технологию создания компактного импульсного источника излучения на основе плазменного фокуса. Очень надеемся применить такой источник в радиационных испытаниях объектов на импульсное воздействие.

Установка, которую мы презентовали на форуме «Армия-2023», задействована в лабораторных работах на кафедре МИФИ «Прикладная ядерная физика». Студенты и аспиранты имеют возможность поработать с уникальным источником ионизирующего излучения разных типов и проанализировать различие в системах регистрации импульсного и непрерывного излучения, что очень важно для понимания процессов в фундаментальной и прикладной физике.

Источник: газета Страна РОСАТОМ 30 октября 2023 <https://strana-rosatom.ru/2023/10/30/v-plazmennom-fokuse-rosatom-i-mifi-r/>