

О РАБОТЕ УСТРОЙСТВА С ПЛОТНЫМ ПЛАЗМЕННЫМ
ФОКУСОМ НА ДЕЙТЕРИЙ-ТРИТИЕВОЙ СМЕСИ

В. П. Выскубов, В. А. Грибков, Л. М. Жогов, Ю. М. Ильин,
А. И. Исаков, О. Н. Крожин, Н. Н. Лавров, В. Н. Овечкин,
В. А. Суворов, Ю. В. Федоров, Ю. Н. Чеблукон

УДК 533.9.01

Приведены первоначальные результаты экспериментального исследования работы плазменного фокуса филипповской геометрии на дейтерий-тритиевой смеси. Показано, что замена чистого дейтерия на дейтерий-тритиевую смесь приводит к стократному увеличению нейтронного выхода.

Потребность в мощных источниках импульсного нейтронного излучения в последнее время резко возросла /1/ в связи с развитием работ по физике ультрахолодных нейтронов, по материаловедческим проблемам, по созданию газовых и твердотельных лазеров с ядерной накачкой, по инженерным проблемам импульсного УТС и др. В качестве такого рода источников предлагается, в частности, использовать плазменный фокус (ПФ) /2/. Эти установки являются в настоящее время рекордными среди термоядерных устройств как по абсолютному нейтронному выходу, так и, в особенности, по параметру "нейтрон на джоуль запасенной энергии". На них была установлена нелинейная зависимость выхода нейтронов от полной запасенной энергии в конденсаторной батарее при ее изменении на три порядка, что позволяет надеяться на возможность создания интенсивных источников нейтронов.

Однако большинство работ проводится при заполнении рабочей камеры ПФ дейтерием. Опубликованные к настоящему времени две статьи /3/, посвященные эксплуатации ПФ на дейтерий-тритиевой (D-T) смеси, описывают эксперименты, выполненные в мейзеровской геометрии ПФ, причем в одном из экспериментов установка,

видимо, работала в режиме, далеком от оптимального. Эксплуатация ПФ филипповской геометрии на ДТ смеси позволила бы не только получить важные данные о механизме генерации нейтронов в этой установке, но и (в случае удачного исхода экспериментов) серьезно рассматривать ПФ в качестве варианта гибридного реактора /4/.

В данной работе проводилось сравнение нейтронного выхода ПФ филипповской геометрии при заполнении рабочего объема камеры чистым дейтерием и ДТ смесью.

Эксперименты проводились на установке ПФ, описанной в работе /5/ и имеющей следующие основные параметры: диаметр внутреннего электрода $d = 348$ мм, диаметр внешнего электрода $D = 500$ мм, высота внутреннего электрода вместе с изолятором $h = 130$ мм. Дополнительно установка ПФ была оборудована газовакуумной системой (рис. 1), которая позволяет:

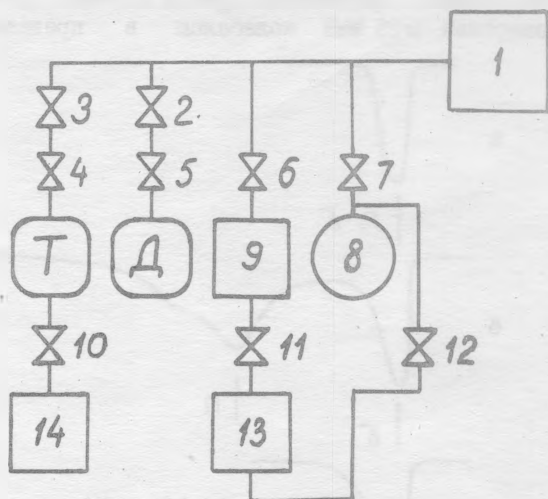
- вакуумировать камеру ПФ до давления 10^{-3} тор;
- переводить в газообразное состояние тритий, абсорбированный в титане;
- заполнять камеру тритием и дейтерием в необходимой пропорции;
- сортировать отработанную газовую смесь с помощью ловушек до безопасной концентрации трития в камере.

Характерное количество трития в рабочей газовой смеси составляло ≈ 150 Ки. Для обеспечения безопасности вся установка размещена в боксе с постоянно работающей вентиляцией, создающей перепад давления ≈ 20 мм вод. ст.

При емкости батареи конденсаторов $C = 120$ мкФ, рабочем напряжении на аноде камеры ПФ $V = 25$ кВ и начальном давлении дейтерия $P_0 \approx 0,9$ тор нейтронный выход установки колебался от $7 \cdot 10^8$ до $2 \cdot 10^9$ нейтронов за импульс при токе через камеру ПФ $I_{\max} \approx 0,8$ мА. Количественное измерение выхода нейтронов с энергией $\approx 2,5$ МэВ проводилось при помощи обычного активационного детектора, состоящего из замедлителя, индиевой фольги и счетчика Гейгера. Форма и длительность нейтронной вспышки (рис. 2а, б) измерялись при помощи пластмассового сцинтиллятора в сочетании с ФЭУ-30.

При емкости конденсаторной батареи $C = 240$ мкФ ($V = 25$ кВ, давление дейтерия $P_0 \approx 1,8$ тор) величина I_{\max} не изменилась,

несмотря на то, что анализ осциллограмм тока разряда через камеру ПФ показал, что индуктивность разрядной цепи по крайней мере не стала больше. Соответственно не вырос нейтронный выход.

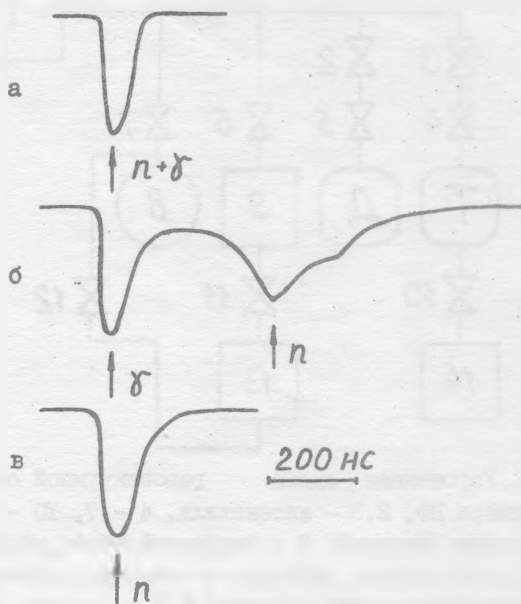


Р и с. 1. Упрощенная схема газовакуумной системы установки: 1 - камера ПФ, 2,3 - натекатели, 4 - 7, 10 - 12 - вентили для управления системой, 8 - вакуумный насос, 9,13 - ловушки для поглощения трития, дейтерия и возможных примесей, 14 - ловушка с тритийсодержащим титаном, Д,Т - баллоны для дейтерия и трития

По-видимому, это объясняется нарушением соответствия между запасенной энергией и геометрическими размерами электродов камеры ПФ при увеличении емкости конденсаторной батареи в два раза /6/. Однако выход нейтронов при $C = 240$ мкФ стал более стабильным и изменялся в интервале от $1 \cdot 10^9$ до $2 \cdot 10^9$ нейтронов за импульс. Поэтому контрольные измерения при чисто дейтериевом наполнении камеры ПФ и ДТ наполнении проводились при $C = 240$ мкФ, $V = 25$ кВ. Для регистрации нейтронов с энергией ≈ 14 МэВ был разработан специальный активационный метод, использующий реакцию $^{19}\text{F}(n,p)^{19}\text{O}$ и позволяющий определить величину выхода нейтронов со среднеквадратичной ошибкой 15%. Подробное изложение

метода будет опубликовано.

После заполнения камеры ПФ равнокомпонентной ДТ смесью до общего давления $P_0 \approx 1,8$ тор выход нейтронов с энергией ≈ 15 МэВ колебался в пределах от $1 \cdot 10^{11}$



Р и с. 2. Характерный вид осциллограмм рентгеновского и нейтронного излучений ПФ: а - дейтериевое наполнение камеры ПФ, расстояние между фотоумножителем и осью ПФ $S = 1$ м, $V_{ph} = 1,6$ кВ; б - дейтериевое наполнение камеры ПФ, $S = 6$ м, $V_{ph} = 1,8$ кВ; в - ДТ смесь, $S = 6$ м, $V_{ph} = 1,2$ кВ

до $2 \cdot 10^{11}$ нейтронов за импульс, при длительности нейтронной вспышки ≈ 100 нс (рис. 2в). Из-за высокой интенсивности потока нейтронов с энергией 14 МэВ ($\approx 2 \cdot 10^{18}$ нейтр./с) при измерении длительности импульса нейтронов пришлось работать при пониженном напряжении на фотоумножителе V_{ph} . Поэтому, в отличие от осциллограммы на рис. 2б на осциллограмме рис. 2в импульс, соответствующий рентгеновскому излучению, не регистрируется.

Таким образом, полученные экспериментальные результаты пока-

зывают, что при прочих равных условиях ($C = \text{const}$, $V = \text{const}$, $P_0 = \text{const}$) замена чистого дейтерия в рабочем объеме камеры ПД филипповской геометрии на равнокомпонентную ДТ смесь приводит к стократному увеличению нейтронного выхода.

Авторы благодарны В. И. Рогову и Н. В. Филиппову за интерес к работе.

Поступила в редакцию
9 октября 1979 г.

Л и т е р а т у р а

1. Ш Международная школа по нейтронной физике, Алушта, 19 - 30 апреля 1978 г., ОИЯИ ДЗ-11787, Дубна, 1978 г.
2. A. Bernard et al., Nuclear Instr. and Methods, 145, 191 (1977).
3. J. W. Mather, Methods of Exper. Phys., 9 B, Acad. Press, N.-Y., 1971, p. 222; G. Patou et al., Proc. APS Top. Conf. Pulsed High-Dens. Pl. (1967).
4. Л. П. Феоктистов и др., Квантовая электроника, 5, 349 (1978).
5. В. А. Веретенников и др., Препринт ФИАН № 147, 1978 г.
6. V. S. Imshennik, N. V. Filippov, T. I. Filippova, Nuclear Fusion, 13, 929 (1973).