

**ИЗМЕРЕНИЯ ВРЕМЕННОГО ХОДА ПОТОКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ НА УСТАНОВКЕ ПФ-150
В КОРРЕЛЯЦИИ С ВЫХОДОМ НЕЙТРОННОГО И РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЙ**

С. Денус*, С. Чекай*, С. Следзиньский*, В.А. Грибков, А.В. Дубровский, Н.В. Калачев, О.Н. Крохин

Приводятся предварительные результаты измерения потоков заряженных частиц (электронов и ионов) с высоким временным (3 нс) и спектральным (до единиц кэВ в зависимости от диапазона) разрешением, скоррелированные с временным ходом нейтронного и рентгеновского излучений на установке ПФ-150 (ИФПЛМ, Варшава, ПНР).

Плазменный фокус мейзеровского типа /1/ работал на нормальном (до 7 торр дейтерия) и пониженном давлении рабочего газа. Последнее использовалось для увеличения длины свободного пробега электронов малых энергий, что необходимо для минимизации их потерь на пролетной базе.

Схема эксперимента приведена на рис. 1. В качестве детектора электронов в бета-спектрографе использовался сцинтиллятор NE-102 толщиной 200 мкм, расположенный за щелью шириной 0,4 мм на расстоянии 40 мм от оси. Пучок электронов отклонялся магнитным полем индукцией от 1 до 20 мТ на сцинтиллятор, за которым располагался световод длиной 2 м, присоединенный к фотоумножителю, обладающему временным разрешением 1,5 нс. Место расположения световода выбиралось по спектру электронного пучка, полученному ранее интегрально во времени на пленке RAR2490 за 1 разряд. Выбранная методика временных измерений спектра электронного пучка позволяла исследовать его низкоэнергетическую часть (от 25 кэВ).

В магнитном спектрографе, регистрировавшем ионы, использовался сцинтиллятор толщиной 400 мкм, расположенный на расстоянии 50 мм от оси установки. Магнитное поле менялось от 5 до 120 мТ, что позволяло отклонять на сцинтиллятор ионы с энергией от 50 кэВ до нескольких мегаэлектронвольт и изучать временной ход того или иного участка спектра. Для оптимального выбора места расположения сцинтиллятора ионный спектр был предварительно зарегистрирован за 1 разряд на фотопленку. В масс-спектрографе применялась дифференциальная вакуумная откачка. Сигналы с фотоумножителей, регистрирующих электронные и ионные потоки, а также сигналы с фотоумножителей, регистрирующих импульсы нейтронного и жесткого (более 80 кэВ) рентгеновского излучений, подавались на двухлучевые осциллографы. Одновременно регистрировалось мягкое рентгеновское излучение. Камеры-обскуры позволяли получать изображение источника как интегрально во времени, так и с временным (10 нс) разрешением, а кристаллический спектрограф с выпуклым кристаллом слюды давал сведения о линейчатом спектре излучения.

Следует отметить, что исследования, подобные предпринятым нами, проводились в ФРГ на установке "Посейдон" /2/ и в Японии в университете Гунма /3/, причем методика ионных измерений в обоих случаях была подобна нашей. Что касается измерения характеристик электронных потоков, то в работах /2, 3/ применялись детекторы Черенкова, дающие возможность регистрировать лишь электроны с энергией выше 200 кэВ. В наших исследованиях регистрировались электроны с минимальной энергией на порядок ниже указанной.

При обработке результатов эксперимента учитывались времена пролета электронов и ионов до сцинтилляторов, времена прохождения света по световодам, а также времена прохождения импульсов по кабелям от ФЭУ до осциллографа и т.п.

Аналогично осуществлялась привязка сигналов рентгеновского и нейтронного излучений к моменту их генерации внутри источника.

* ИФПЛМ, Варшава, ПНР.

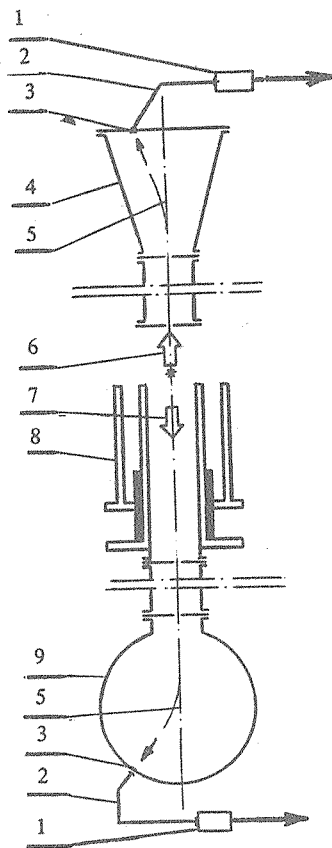


Рис. 1

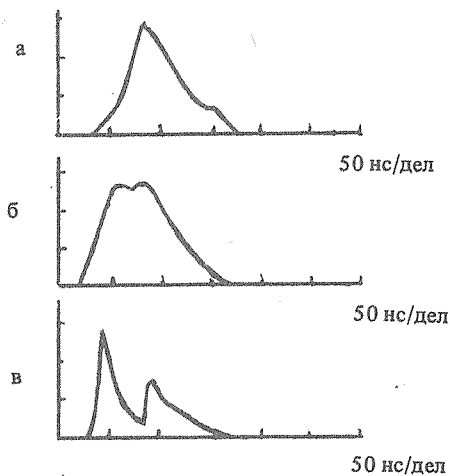


Рис. 2

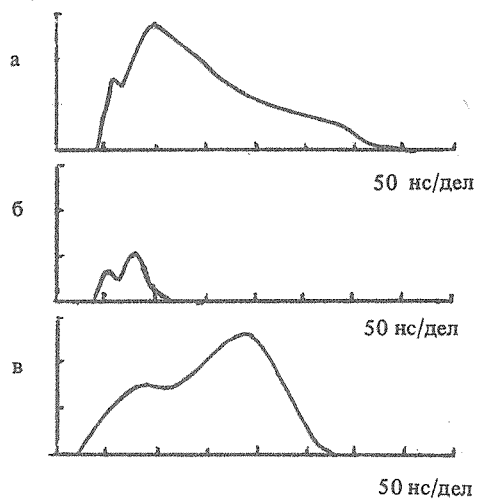


Рис. 3

Рис. 1. Схема эксперимента: 1 – ФЭУ; 2 – световод; 3 – сцинтиллятор; 4 – магнитный спектрограф; 5 – магнитное поле; 6 – ионы; 7 – электроны; 8 – плазменный фокус; 9 – бета-спектрограф.

Рис. 2. Временной ход интенсивности а) рентгеновского ($E_\gamma > 80$ кэВ), б) нейтронного (импульс сдвинут к началу координат на время пролета до детектора в предположении, что $E_H = 2,45$ МэВ) и в) электронного ($E_e = 40$ кэВ) излучений на установке ПФ-150.

Рис. 3. Временной ход интенсивности а) ионного ($E_i = 200$ кэВ), б) электронного ($E_e = 225$ кэВ), в) жесткого рентгеновского ($E_\gamma = 200$ кэВ) и нейтронного (второй пик осциллограммы) излучений на установке ПФ-150.

На рис. 2 и 3 приведен временной ход интенсивностей рентгеновского, нейтронного, электронного и ионного излучений в указанных спектральных интервалах на установке ПФ-150.

Временной ход электронных и ионных потоков исследовался в широком диапазоне энергий, причем изучались корреляции с рентгеновским и нейтронным излучениями.

Предварительная обработка результатов позволяет сделать следующие выводы:

- 1) электронный поток состоит из нескольких (обычно двух-трех) пичков;
- 2) более поздний пичок содержит более жесткие электроны;
- 3) жесткое рентгеновское излучение коррелирует с импульсом электронов;
- 4) ионный импульс обычно гораздо больше электронного по длительности;
- 5) нейтронный импульс коррелирует с ионным импульсом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gryzinski M. et al. Bull. Acad. Pol. Science, serie Science Tech., 22, № 2, 5 (1974).
2. Herold H. et al. "Two phases of neutron production in the POSEIDON plasma focus" 10th Intern. Conf. on Plasma Physics and contr. Nuc. Fusion Res., London, 12-19 Sept. 1984. IAEA-CN-44/D-III-6-3.
3. Yamamoto T. Y. et al. Japan J. of Appl. Phys., 24, № 3, 324 (1985).

Поступила в редакцию 4 декабря 1986 г.