

ПРИМЕНЕНИЕ СПЕКТРОМЕТРА НА ОСНОВЕ ДИФFUЗИОННОЙ КАМЕРЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МИКРОПИНЧЕВОГО РАЗРЯДА

В.А. Веретенников, О.Н. Крохин, Н.А. Клячин, В.К. Ляпидевский, О.Г. Семенов

УДК 533.951.8

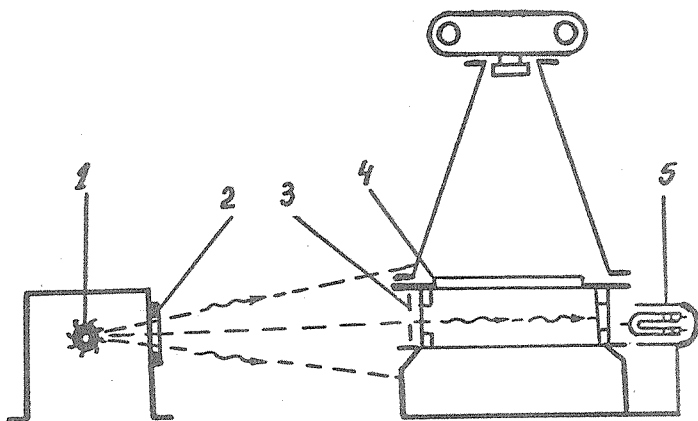
Получен спектр мягкого рентгеновского излучения малоиндуктивной вакуумной искры в одном разряде с пространственным разрешением.

Трековые детекторы, применяемые для регистрации и измерения характеристик ионизирующих излучений, испускаемых высокотемпературной плазмой в импульсных разрядных устройствах, обладают рядом достоинств по сравнению с другими методами: одновременная регистрация большого числа событий, возможность определения спектра ионизирующего излучения с пространственным разрешением, нечувствительность к электромагнитным наводкам /1,2/.

В данной работе для исследования рентгеновского излучения в диапазоне $3 \leq h\nu \leq 30$ кэВ использовался спектрометр на основе диффузионной камеры. Эксперименты проводились на установке "Микропинч" (малоиндуктивная вакуумная искра). Параметры установки приведены в работе /3/. Характерной особенностью сильноточных малоиндуктивных разрядов является образование микропинчевой области (плазменной точки) с электронной плотностью $n_e \sim 10^{22} - 10^{23}$ см⁻³ и температурой $T_e \sim 1-4$ кэВ /4/, которая представляет собой интенсивный источник мягкого рентгеновского излучения, имеющий характерный размер менее 100 мкм и время жизни $\leq 10^{-9}$ с.

Схема эксперимента представлена на рис. 1. Излучение разряда 1 выводилось через окно 2 с фильтром 100 мкм Ве в атмосферу и далее через окно 3, закрытое майларом толщиной 50 мкм, направлялось в диффузионную камеру 4. Образующиеся треки вторичных электронов освещались импульсной лампой 5 через 300 мс после разряда и фотографировались.

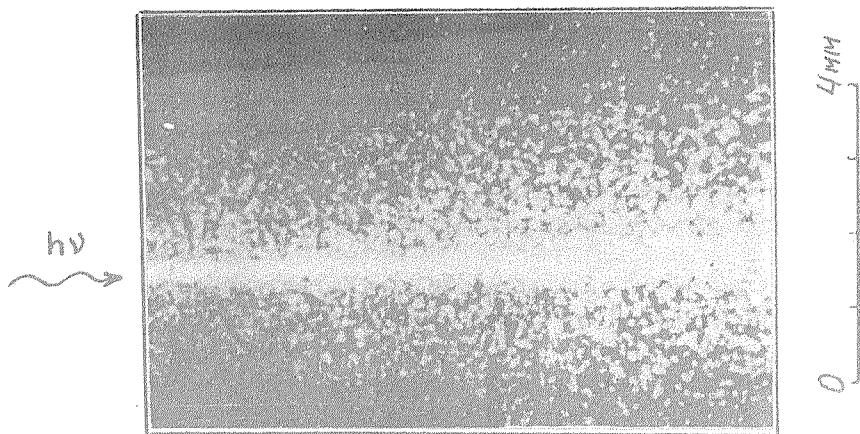
Применялась диффузионная камера конвекционного типа /5/ с тонким чувствительным слоем (толщина 3 мм, ϕ 100 мм). Рабочей средой служила смесь воздуха при нормальном давлении с насыщенными парами этилового спирта. Температура дна камеры поддерживалась на уровне -70 °С, верхняя



Р и с. 1. Схема эксперимента

крышка находилась при комнатной температуре.

Коллиматором, установленным в окне 3, формировался плоский (толщиной 0,5 мм) пучок излучения, распространяющийся параллельно чувствительному слою на расстоянии 8 мм от него. Положительные ионы, являющиеся центрами конденсации, перемещались в чувствительный слой под дейст-



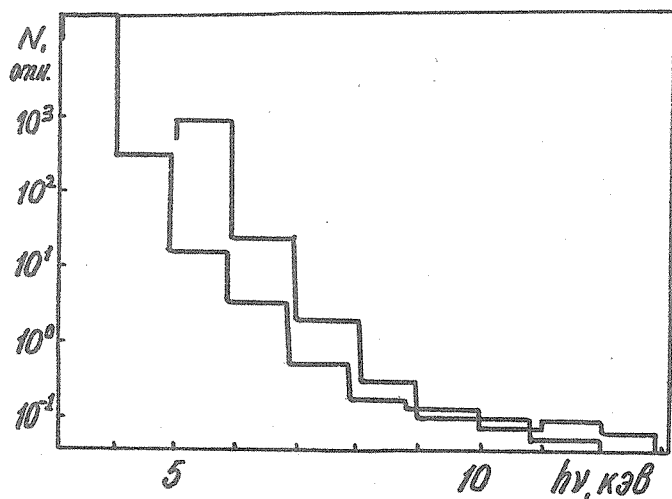
Р и с. 2. Одномерная рентгеновская обскурограмма разряда с "плазменной точкой"

вием внешнего электрического поля 100 В/см. В течение времени дрейфа в чувствительный слой соседние ионы удаляются друг от друга за счет диффузии; тем самым исключаются наложения изображений капель на фотографиях треков.

Одномерное пространственное разрешение обеспечивалось установкой в окне 2 свинцовой пластины толщиной 300 мкм с вертикальной щелью шириной 50 мкм и высотой 10 мм (одномерная камера-обскура).

Характерная фотография с пространственным разрешением представлена на рис. 2. Узкая линия представляет собой скопление треков по пути следования излучения из микропинчевой области (плазменной точки). Ширина линии соответствует геометрической тени щели. Это означает, что размер плазменной точки (поперек оси разряда) не превышает 50 мкм, что согласуется с другими оценками /6/. Более широкая, но существенно менее интенсивная область определяется излучением плазмы разряда ($r \sim 1$ мм) и поверхности анода $r = 2$ мм.

Обработка снимков проводилась путем фотометрирования изображений треков /7/. Определялась эффективная площадь изображений треков K , пропорциональная числу ионов в каждом треке и, соответственно, энергии фотоэлектронов, образовавших треки. Затем строились распределения числа тре-



Р и с. 3. Спектры рентгеновского излучения двух разрядов с "плазменной точкой" (анод - сталь)

ков по К. Для установления соответствия между энергией квантов и величиной К, а также определения аппаратурной функции камера калибровалась моноэнергетическим излучением флуоресцентных эмиттеров в диапазоне от 4,5 до 8,9 кэВ.

Восстановление спектров рентгеновского излучения проводилось методом итераций /8/ с учетом эффективности регистрации квантов диффузионной камерой и поглощения в фильтрах и воздухе. Спектры излучения плазменной точки двух разрядов в случае использования стального анода представлены на рис. 3.

Таким образом, данная методика позволяет получать спектр мягкого рентгеновского излучения импульсного источника в одном разряде с пространственным разрешением, определяемым шириной используемой щели. Получено независимое подтверждение того факта, что поперечный размер плазменной точки не превышает 50 мкм. Интенсивность излучения резко увеличивается в длинноволновой области спектра $h\nu \approx 3-6$ кэВ за счет линий К-спектра ионов Fe. В более жесткой части ($h\nu > 8$ кэВ) спектральное распределение соответствует обратной экспоненциальной зависимости от $h\nu$.

Поступила в редакцию 27 февраля 1984 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.А. Александров и др., Экспериментальные методы ядерной физики, Атомиздат, М., 1978 г., вып. 4, с. 70-83.
2. Н.А. Клячин и др., Диагностические методы в плазменных исследованиях, Энергоатомиздат, М., 1983 г., с. 59-71.
3. В.А. Веретенников и др., Физика плазмы, 7, 455 (1981).
4. Э.Я. Кононов и др., Письма в ЖЭТФ, 31, № 12, 720 (1980).
5. В.К. Ляпидевский, ПТЭ, № 4, 49 (1959).
6. В.А. Веретенников и др., Физика плазмы, 7, № 6, 1199 (1981).
7. Н.А. Клячин, В.К. Ляпидевский, В.К. Павлов, Методы экспериментальной ядерной физики в исследованиях процессов и продуктов деления, Энергоатомиздат, М., 1983 г., с. 86-91.
8. А.И. Абрамов, Ю.А. Казанский, Е.С. Матусевич, Основы экспериментальных методов ядерной физики, Атомиздат, М., 1977 г., с. 518,519.