

ПОЛУЧЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ С $Z > 20$

Ю.А.Быковский, В.Б.Лагода, Г.А.Шерозия

Впервые обнаружена эмиссия многозарядных ($Z > 20$) тяжелых ($M > 100$ ат. ед. массы) ионов из плазмы сильнооточного малоиндуктивного разряда с лазерным инициированием.

В ряде работ сообщается об обнаружении в области столба разряда малоиндуктивного плазменного диода "плазменных точек" с размерами от нескольких микрон до десятков микрон, имеющих электронную температуру $T \sim 10$ кэВ и плотность $n \sim (10^{20} \div 10^{21})$ см⁻³ и являющихся источниками излучения спектральных линий гелио- и водородоподобных ионов для элементов группы железа [1, 2]. Были проведены оценки времени жизни "плазменных точек" ($\tau \sim 10^{-9}$ сек), а также параметра $n\tau \sim 10^{12}$ см⁻³.сек [3]. Имеются сообщения о регистрации из области плотной плазмы жесткого рентгеновского и микроволнового излучения. Представляет интерес исследовать продукты распада высокотемпературных "плазменных точек".

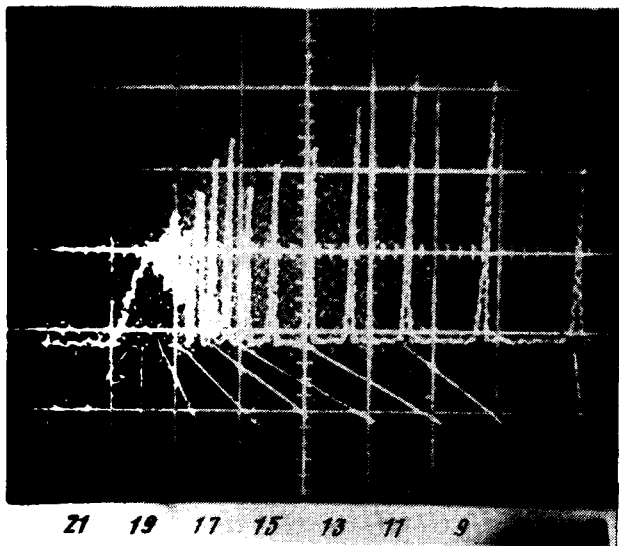


Рис. 1. Оциллограмма сигналов ионов. Развертка 5 мксек/дел ($Z = 5 \div 21$)

Экспериментальная установка состояла из малоиндуктивного конденсатора, накоротко подсоединенного к электродам помещенным в вакуумную камеру. Иницирование разряда осуществлялось лазерным импульсом сфокусированным на один из электродов. Второй электрод имел отверстие для свободного пролета плазмы в направлении анализирующей аппаратуры. Амплитуда разрядного тока достигала 100 кА спустя 1,5 мксек после начала разряда. Для анализа ионного компонента был применен времяпролетный масс-спектрометр с разрешением ~ 100 . Уменьшение количества примесных ионов достигалось изготовлением электродов из особо чистых металлов. Производилось как измерение величин Z/M (Z, M — заряд и масса иона) соответствующих ионным

сигналам, так и определение энергетических распределений наблюдаемых ионов. Это позволило гарантировать корректность изучения характеристик многозарядных ионов распадающейся плазмы.

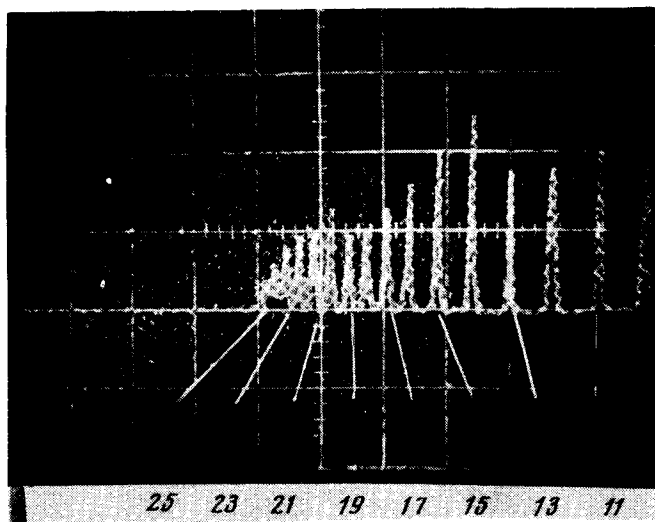


Рис. 2. Осциллограмма сигналов ионов. Развертка 2 мксек/дел ($Z=10\div 25$)



Рис. 3. Обскурограмма плазменной струи

С применением описанной методики были зарегистрированы ионы Sn^{+21} , Ta^{+22} , W^{+23} , Pb^{+25} , Bi^{+25} . Энергии разлета ионов достигали 300 кэВ. Количество ионов высших зарядностей эмиттируемое в единицу телесного угла достигало $10^{11} \div 10^{12}$ частиц за импульс. На рис. 1 и рис. 2 показаны осциллограммы сигналов ионов W и Pb. При исследовании энергетических распределений ионов различных зарядностей было обнаружено смещение максимумов распределений в область более высоких энергий по мере увеличения зарядового состояния ионов. Важно отметить, что обнаруженное явление эмиссии тяжелых многозарядных ионов из области горячей плазмы малоиндуктивного разряда может найти применение в области ускорительной техники, а также при формировании мощных ионных пучков необходимых для импульсного нагрева плазмы в термоядерных установках.

В работе также изучались параметры плазмы и были получены результаты близкие к приведенным в цитированных выше исследованиях. На рис. 3 приведена обскурোগрамма плазменной струи, содержащей ионы W, снятая в рентгеновских лучах с энергией квантов более 0,8 кэВ.

Таким образом, в настоящем исследовании впервые в плазменных устройствах обнаружена эмиссия тяжелых ($M > 100$ ат. ед. массы) ионов с $Z > 20$, а также обнаружен эффект увеличения зарядности ионов по мере роста массы, что, по-видимому, можно объяснить более эффективной ионизацией при замедлении разлета плазменного сгустка по мере возрастания массы исследуемых ионов. Экспериментально обнаруженная ионная эмиссия свидетельствует об эффекте "закалки" ионов при распаде высокотемпературных плазменных точек малоиндуктивного разряда, т. е. безрекомбинационном разлете плазменного сгустка в вакуум.

Авторы выражают благодарность В.Л.Канцыреву за помощь при проведении экспериментов.

Московский
инженерно-физический институт

Поступила в редакцию

Литература

- [1] T.N.Lie, R.C.Elton. Phys. Rev., 3A, p. 865, 1971.
 - [2] T.N.Lie. Annals of the New York Academy of Sciences, 251, 112, 1975.
 - [3] Э.Я.Кононов, К.Н.Кошелев, Ю.В.Сидельников. Физика плазмы, 3, 663, 1977.
-