

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ МНОГОКРАТНОГО ПРОХОЖДЕНИЯ ПУЧКА ЧЕРЕЗ ТОНКУЮ ВНУТРЕННЮЮ МИШЕНЬ В СЕКТОРНОМ ЦИКЛОТРОНЕ НА 600 КЭВ

И.Я. Барит, Л.Н. Кацауров, Л.П. Нечаева, Ю.К. Хохлов

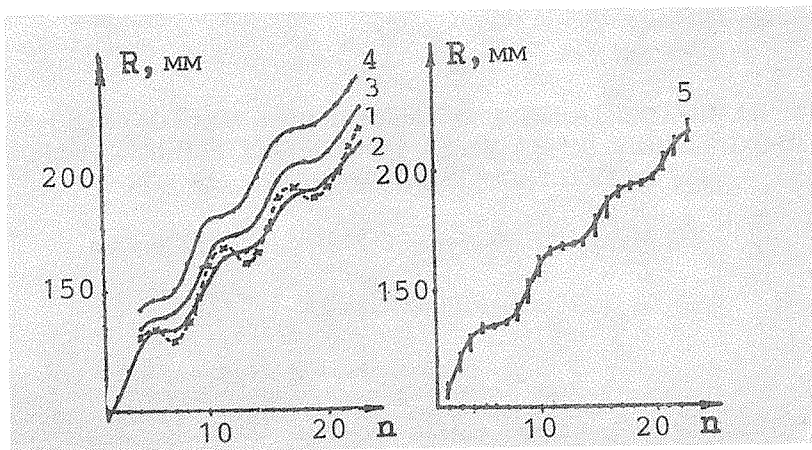
УДК 621.384.63

*В секторном циклотроне на 600 кэВ по протонам осуществлен перевод частиц из режима ускорения в режим многократного прохождения через тонкую внутреннюю мишень. Наблюдалось до 15 прохождений пучка через мишень с падающей интенсивностью тока из-за многократного рассеяния на ядрах мишени.*

Один из способов накопления тока ускоренного пучка заключается в компенсации ускорения посредством потерь энергии пучка в тонкой внутренней мишени. При МП циклотрон работает в непрерывном режиме, и результирующий ток через мишень, расположенную на радиальных расстояниях, соответствующих концу ускорения, состоит из вновь поступающих и накопленных сгустков. МП характеризуется увеличением тока на мишени по сравнению с режимом однократного прохождения, а также увеличением энергетического, временного и пространственного разбросов пучка. Увеличение интенсивности происходит медленнее роста количества сгустков, одновременно проходящих через мишень, что связано с потерями пучка из-за многократного рассеяния на ней /1/ и других причин динамического характера.

В сообщении приводятся результаты экспериментального изучения режима МП. Работа выполнена на секторном циклотроне с максимальной энергией 600 кэВ /2/, который для удобства наблюдения за сгустками работал в импульсном режиме. Исследование осуществлялось с помощью методики, описанной в работе /3/. Определялось количество сгустков, пересекающих мишень, в зависимости от условий инжекции\*, соотношения между потерями

\* Под условиями инжекции мы имеем в виду энергию, радиальную координату, и угол подхода к дуанту траектории инжектируемого пучка на азимуте первой ускоряющей щели. Эти характеристики при внешней инжекции определяются расположением цилиндрического конденсатора /4/ в центральной области циклотрона и напряжением на нем.

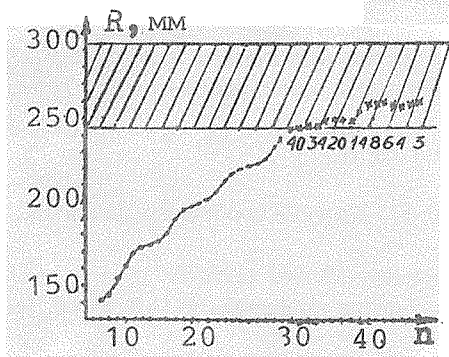
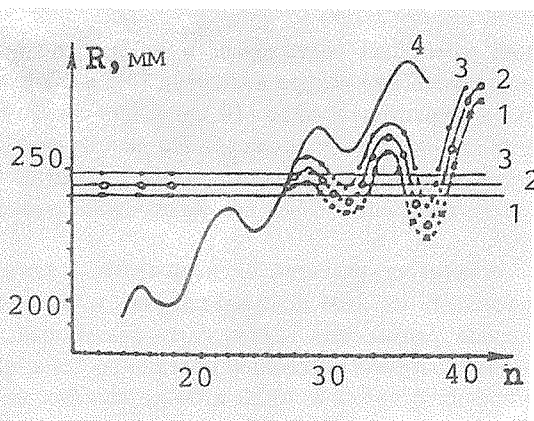


Р и с. 1. Экспериментальная зависимость положений центра ускоренного пучка на азимуте мишени от номера оборота: 1 — для произвольных начальных условий; 2, 3, 4 — для специальных начальных условий; на кривой 5 показана радиальная протяженность пучка.

ми энергии в мишени и приростом ее на дуанте, расположения внутреннего края мишени относительно волнообразной кривой, описывающей зависимость координаты центра пучка от номера его оборота на выбранном азимуте наблюдения /5/. На рис. 1 приведены экспериментальные волнообразные кривые, полученные при ускорении пучка, для произвольных (пунктирная кривая 1) и специальных (кривые 2 — 5) начальных условий МП. Здесь, как и на остальных рисунках, по оси абсцисс отложен номер оборота, а по оси ординат — радиальное расстояние до центра пучка на азимуте наблюдения. Термин "специальные" начальные условия МП соответствует такой динамике пучка, при которой центр сгустка, однажды попав на мишень, пересекает ее и при последующих прохождении. Кривые 2 — 4 отличаются приростом энергии за оборот. На кривой 5 указана радиальная протяженность сгустка на каждом обороте.

При произвольных начальных условиях на кривой, соответствующей ускорению, обычно имеется инверсия орбит по радиусу. Исследования показали, что в этом случае при любом выборе остальных параметров пучок после нескольких прохождений через мишень сбрасывается с нее, затем может вновь попасть на мишень, но в итоге быстро теряется на стенках циклотрона.

Р и с. 2. Прохождение пучка через мишень при произвольных начальных условиях и различных положениях мишени (1, 2, 3) относительно волнообразной кривой ускорения 4. Пунктиром соединены обороты, не попадающие на мишень.



Р и с. 3. МП через мишень при специальных начальных условиях.

На рис. 2 для кривой ускорения 4 приведены измерения при трех расположениях мишени (1 – 3). Этими же цифрами обозначены траектории, пересекающие мишень на некоторых оборотах. Обороты, не попадающие на мишень, соединены пунктиром. Толщина мишени для протонов с энергией 500 кэВ составляет 9,5 кэВ, прирост на дуанте 11,5 кэВ.

Для получения наибольшего числа прохождений через мишень были реализованы начальные условия, полученные при расчетах на ЭВМ для случая, когда центр сгустка без учета распыливания пучка на мишени, но с учетом затухания бетатронных колебаний [6], совершал бесконечное число прохождений через мишень. На рис. 3 крестиками показаны экспериментальные точки, соответствующие центру пучка, пересекающего мишень. Область мишени заштрихована. Цифры около точек характеризуют интенсивность пучка на данном обороте в относительных единицах. От оборота к обороту интенсивность пучка падала из-за многократного рассеяния на мишени. Максимальное число прохождений через мишень наблюдалось, когда ее внутрен-

ний край был расположен в конце плато волнообразной кривой. Когда энергетические потери в мишени (9,5 кэВ) были несколько меньше, чем прирост энергии на дуанте (14 кэВ), при последующих прохождениях (обороты с № 39 по № 42) происходило некоторое удаление пучка от внутреннего края мишени. Интенсивность тока мишени при 14-и дополнительных оборотах возросла в 6 раз при увеличении энергетического разброса в пучке на 50%.

Анализ результатов эксперимента, а также их сравнение с модельными расчетами на ЭВМ показывают, что в циклотроне с тонкой внутренней мишенью режим МП может быть реализован. При условиях, когда эффект многократного рассеяния достаточно мал, достижимо увеличение тока ускоренного пучка в 10-20 и более раз без значительного ухудшения энергетического разброса.

Авторы благодарны Н.М. Архипову за постоянную помощь в работе.

Поступила в редакцию 10 января 1985 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. П а ф о м о в В. Е., Х о х л о в Ю. К. Краткие сообщения по физике ФИАН, № 11, 12 (1983).
2. Г л а д ы ш е в В. А. и др. Атомная энергия, 19, 442 (1965).
3. Б а р и т И. Я. и др. Краткие сообщения по физике ФИАН, № 10, 18 (1984).
4. Г л а д ы ш е в В. А. и др. Атомная энергия, 18, 213 (1965).
5. Б л о х и н В. Т. и др. ПТЭ, № 4, 34 (1971).
6. Б л о х и н В. Т. и др. Краткие сообщения по физике ФИАН, № 7, 8 (1972).