

С 345

В-292

Н.И. Веников

1656

ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЦИКЛОТРОНА

Автореферат диссертации, представленной на соискание
ученой степени кандидата технических наук

Работа выполнена в Ордена Ленина
Институте атомной энергии
им. И.В. Курчатова

Научный руководитель
кандидат физико-технических наук

С.П. Калинин

Н.И. Веников

1856

С 345

B-202

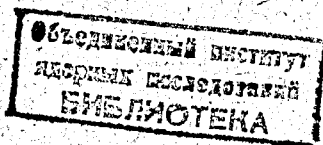
ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЦИКЛОТРОНА

Автореферат диссертации, представленной на соискание
ученой степени кандидата технических наук

Работа выполнена в Ордена Ленина
Институте атомной энергии
им. И.В. Курчатова

Научный руководитель
кандидат физико-технических наук

С.П. Калинин



Дубна 1964

Циклотрон, как физический прибор, приобретает все большее значение в решении важных научных и прикладных проблем ядерной физики. Роль циклотрона в особенности возросла после первых успешных опытов по регулированию энергии частиц. В настоящее время в ядерно-физических лабораториях мира насчитывается свыше 100 действующих циклотронов и разрабатываются проекты новых ускорителей подобного типа. Наряду с этим изучение физических характеристик и усовершенствование существующих установок остается до сих пор актуальной задачей^{/1, 2, 3/}.

Распространение метода времени пролета на спектрометрию быстрых нейтронов и заряженных частиц открыло широкие перспективы для исследований на циклотроне и вместе с этим выдвинуло ряд специальных требований к самому ускорителю, которые, естественно, не могли быть учтены в действующих установках и еще не в полной степени учитываются в новых проектах. Не решены и такие важнейшие вопросы как улучшение монохроматичности пучка ионов, ускоренных в циклотроне, ускорение на субгармониках высокой частоты, ускорение различных типов ионов в условиях регулируемой энергии частиц. Все эти вопросы являются в значительной степени общими как для циклотронов с аксиальносимметричным магнитным полем, так и для циклотронов с магнитным полем, меняющимся по азимуту.

Настоящая работа посвящена изучению физических характеристик и усовершенствованию полутораметрового циклотрона с аксиальносимметричным магнитным полем и состоит из трех глав.

В главе 1 рассмотрены возможные способы формирования магнитного поля для циклотрона с регулируемой энергией ионов и описаны результаты перевода полутораметрового циклотрона ИАЭ^{/4/} в режим с регулируемой энергией ионов^{/2, 5/}.

В результате расчетов и проведенных экспериментов по формированию магнитного поля на циклотроне с помощью железных масс и токовых элементов создана необходимая форма магнитного поля в диапазоне от 5 до 14 кэ. Вместе с введением оперативной перестройки радиочастотной системы в диапазоне 8,3-13,5 МГц, а также введением дистанционного управления положением дуантов в камере оказалось возможным осуществлять переход на любой режим за время не более часа. Введена дистанционная коррекция оптических свойств системы транспортировки пучка, выпущенного из циклотрона. Диапазон регулирования энергии на основной частоте: протонов - от 6 до 17 Мэв, дейтонов - от 12 до 20 Мэв, He_4^{+2} - от 24 до 40 Мэв и

He_3^{+2} - от 18 до 38 Мэв. Для измерения энергии ионов использован метод времени пролета. Разработанный способ перевода циклотрона в режим с регулируемой энергией ионов пригоден для большинства действующих и проектируемых циклотронов.

Для расширения диапазона энергии ускоряемых частиц использовано ускорение ионов на 3-ей субгармонике в.ч. до энергии: протонов от 0,7 до 1,8 Мэв, дейтронов от 1,4 до 3,6 Мэв, He_4^{+2} от 2,8 до 7,2 Мэв и He_3^{+2} от 2 до 5,4 Мэв. Интенсивность внешнего пучка при этом такого же порядка величины, как и на основной частоте. Это обстоятельство необходимо учитывать при проектировании циклотронов с регулируемой энергией. Вполне достаточно при этом ограничиться диапазоном частот 3:1, а для еще большего уменьшения энергии ионов использовать ускорение на субгармониках в.ч.

Предложен метод расчета вертикального движения ионов с учетом реального распределения магнитного и электрического полей. Приведены графики распределения электрических полей для различных конфигураций электродов центральной оптики, полученные с помощью электролитической ванны. Выбрана необходимая, с точки зрения вертикального движения, центральная оптика в циклотроне.

Вторая глава посвящена изучению фазовых характеристик пучка и улучшению его монохроматичности. Для ядернофизических работ, использующих метод спектрометрии по времени пролета ^{8/}, необходима длительность сгустка ионов (2-4) · 10⁻⁹ сек при хорошей стабильности его фазы. Таким требованиям при обычной центральной оптике часто трудно удовлетворить. Поэтому разработана шелевая ионная оптика в центре циклотрона, позволившая ограничить фазовый интервал ионов в самом центре циклотрона ^{8,7/}. Но даже при такой оптике при определенных настройках циклотрона на удаленной мишени может получиться сгусток недопустимо большой длительности. Поэтому было изучено влияние различных параметров циклотрона на длительность и фазу сгустка ускоренных ионов. Для измерений был использован временной анализатор спектрометра ^{9/} с детектором из кристалла стийбена и фотоумножителем типа ФЭУ-36. Разрешение системы - 1,3 · 10⁻⁹ сек. Измерения проводились как на выведенном, так и на внутреннем пучке ^{10/}. Эксперименты хорошо подтверждают результаты расчетов. Наиболее существенное влияние на фазу и длительность сгустка оказывают магнитное поле и амплитуда в.ч. напряжения между дуантами. Определены допуски на их нестабильность, которые необходимо учитывать при проектировании соответствующих стабилизирующих устройств.

Путем применения разработанных шелевых диафрагм на дуантах, смещенного источника и выбора соответствующего режима ускорения из циклотрона выведен пучок с длительностью сгустка ионов (2-4) · 10⁻⁹ сек, с монохроматичностью $\frac{\Delta E}{E} = +(0,2-0,4)\%$. Интенсивность выведенного пучка после введения шелевых диафрагм не уменьшилась,

а коэффициент выпуска из дефлектора увеличился вдвое. Из-за уменьшения потерь ионов при ускорении и выпуске загрузка в.ч. генератора заметно уменьшилась, а также уменьшилась остаточная наведенная активность на деталях циклотрона.

Для расширения диапазона энергий спектрометра по времени пролета в сторону медленных нейтронов введено уменьшение частоты следования сгустков ионов на мишени в 4 раза путем подачи синусоидального напряжения на пластины специального дефлектора, расположенного в ионопроводе.

В третьей главе рассмотрены особенности ускорения различных ионов. В последней время проявляется большой интерес к использованию ускоренных ядер изотопа гелия с массой 3, как бомбардирующих частиц в ядерных исследованиях. При обычной работе циклотрона расход дорогостоящего газа He_3 слишком велик. Для многократного использования газа в циклотроне разработана специальная газозвратная система ^{12/}, позволяющая проводить длительные работы с He_3 при высокой интенсивности пучка и снизившая потери газа более чем в 100 раз.

При ускорении He_3 в циклотроне иногда наблюдалось почти полное исчезновение тока ионов при небольших воздушных течах в газозвратной системе, а также при насыщении сорбирующей ловушки, причем концентрация He_3 в газе составляла не менее 50%. Такая сильная зависимость выхода He_3^{+2} от примесей других газов объясняется большим сечением перезарядки He_3^{+2} в других газах. В работе проведено изучение влияния примесей других газов на выход He_3^{+2} и рекомендуются необходимые условия для получения максимальной интенсивности ионов He_3^{+2} ^{13/}.

Для многих работ требуется помимо ускорения легких ядер иметь также ускоренные тяжелые ионы, в частности, C^{+4} ¹². Время перехода от ускорения легких ядер к C^{+4} и обратно должно быть минимальным. В результате проведенных исследований на циклотроне был получен внешний пучок ионов C^{+4} ¹² с энергией 70 Мэв интенсивностью до 2 мка с возможностью быстрого перехода к ускорению легких ионов.

В последнее время проявляется огромный интерес к ускорению отрицательных ионов в циклотроне, что главным образом объясняется легкостью выпуска этих ионов из циклотрона посредством их обдирки на фольгах до положительных ионов. Поэтому было изучено влияние различных параметров на величину тока ускоренных ионов H^- и D^- в циклотроне. Во внешнем пучке получена интенсивность ионов H^- около 0,7 мка, выяснено влияние режима работы источника и давления в вакуумной камере на интенсивность H^- и D^- ^{14/}.

Материалы настоящей работы опубликованы в статьях ^{7,8,10,12,13,14/} и докладывались в 1961 году в Кракове на конференции по исследованиям на циклотронах.

Л и т е р а т у р а

1. Sector-focused Cyclotrons, Proceedings of an Informal Conference Sew Island, Georgia (1959).
2. Nuclear Instrum. and Methods, 18 / 19 (1962).
3. Proceedings of an International Conference on sector-focused Cyclotrons and meson factories, Geneva (1963).
4. Л.М. Неменов, С.П. Калинин и др. Атомная энергия 1, 38 (1957).
5. А.П. Бабичев, Н.И. Веников и др. Атомная энергия 13, 125 (1962).
6. Б.В. Рыбаков, В.А. Сидоров "Спектрометрия быстрых нейтронов", Атомиздат (1958).
7. Н.И. Веников, Н.И. Чумаков, Атомная энергия, 11, 247 (1961).
8. Н.И. Веников. Атомная энергия, 11, 421 (1961).
9. А.А. Курашов, А.Ф. Линева и др. Атомная энергия 5, 135 (1958).
10. Н.И. Веников, Н.В. Карташов. Атомная энергия 14, 521 (1963).
11. В.С. Панасюк. Атомная энергия 3, 47 (1957).
12. Н.И. Веников, Г.Н. Голованов и др. Атомная энергия 11, 213 (1961).
13. Н.И. Веников, Н.В. Старостин. ПТЭ, № 2, 25 (1963).
14. Н.И. Веников. ПТЭ № 1, 33 (1964).

Рукопись поступила в издательский отдел
25 апреля 1964 г.