

## ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ УСКОРЕНИЯ ИОНОВ ЛАЗЕРНОЙ ПЛАЗМЫ НА ЦИКЛОТРОНЕ

*О. Б. Анашкин, Ю. А. Быковский, Ю. П. Козырев,*

*А. С. Цыбин*

1. Эксперименты по регистрации в лазерной плазме многозарядных ионов [1, 2] и исследования таких характеристик ионной эмиссии как максимальная кратность ионизации, энергетическое и пространственное распределение ионов, а также количества ионов данной зарядности показали [3 – 5], что лазерная плазма является эффективным источником многозарядных ионов (МЗИ) и может быть использована в инжекторах ускорительных установок.

В настоящей работе сообщается об экспериментальном осуществлении процесса ускорения ионов ( $D^+$ ) лазерной плазмы на циклотроне. Использовалась внутренняя инжекция ионов, т. е. лазерная плазма образовывалась в магнитном поле циклотрона внутри ускоряющего промежутка.

2. Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1. Лазерная плазма образовывалась при фокусировке излучения неодимового лазера (1) на поверхность образца  $TiD$  (6), расположенного между дуантами циклотрона (4). Нормаль к поверхности плоского образца направлена горизонтально вдоль ускоряющего зазора между дуантами.

Излучение неодимового лазера, который работал в режиме гигантского импульса ( $P = 50 \text{ Мвт}$ ,  $\tau = 20 \text{ нсек}$ ) вводилось через специальное окно в камере циклотрона и проходило через оптическую систему (5), состоящую из поворотной призмы и линзы, которая обеспечивала падение сфокусированного излучения лазера под углом  $45^\circ$  к поверхности образца. Для того, чтобы не перекрывать пучок ионов, оптическая система располагалась ниже дуантов.

Регистрация ускоренных ионов производилась экранированным металлическим коллектором с площадью приемной площадки  $8 \times 4 \text{ мм}^2$ . В том же экране располагался пассивный коллектор, конструктивно полностью идентичный рабочему коллектору с тем лишь отличием, что пассивный коллектор был защищен от попадания ионов. Поскольку помехи и наводки на оба коллектора были одинаковы, дальнейшая дифференциальная регистрация позволяла надежно выделять сигнал ионного тока.

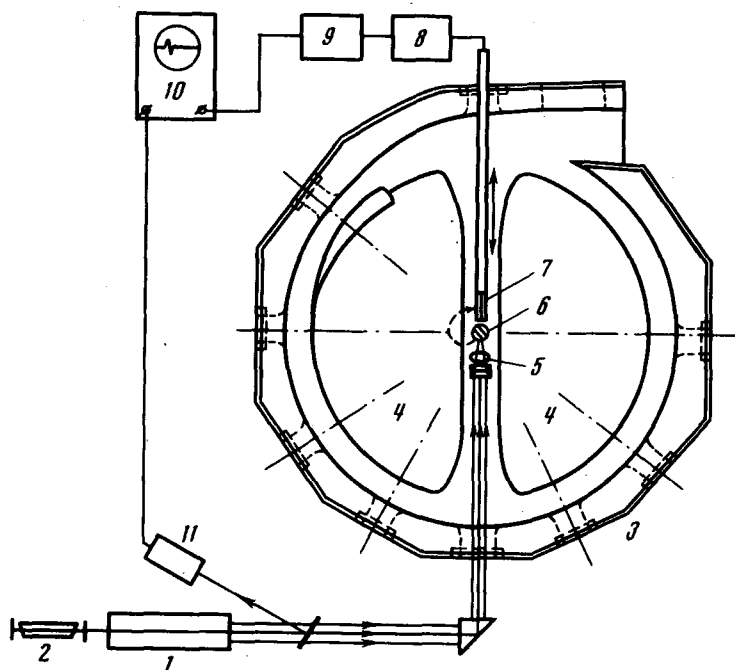


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 — неодимовый лазер, 2 — юстировочный He — Ne-лазер, 3 — камера циклотрона, 4 — дуанты, 5 — оптическая система, 6 — мишень, 7 — зонд с коллекторами, 8, 9 — усилители, 10 — осциллограф, 11 — фотозлемент

Коллекторы размещались на конце зонда, который можно было перемещать вдоль радиуса камеры между дуантами. Сигнал с коллекторов поступал на осциллограф с памятью. Запуск развертки осциллографа был синхронизирован с началом импульса лазера.

3. В результате экспериментов был зарегистрирован поток ускоренных ионов дейтерия в циклотроне. На радиусе  $R = 13 \text{ см}$  ток дейтронов составил  $15 \text{ мкА}$  при энергии дейтронов  $E \sim 750 \text{ кэВ}$ . Длительность импульса ускоряемых дейтронов (за одну вспышку лазера) составляла  $\sim 1,5 \text{ мксек}$  на полувысоте импульса (рис. 2, а).

Амплитуда импульса ионного тока зависит от величины магнитного поля резонансным образом. Резонансное значение магнитного поля  $H = 14 \text{ кэ}$  соответствовало ускорению ионов  $D^+$  при частоте ВЧ поля  $f = 10,2 \text{ МГц}$ . В случае отклонения магнитного поля от резонансного значения, сигнал ионного тока резко падал (рис. 2, б). Зависимость величины ионного тока от магнитного поля показана на рис. 3.

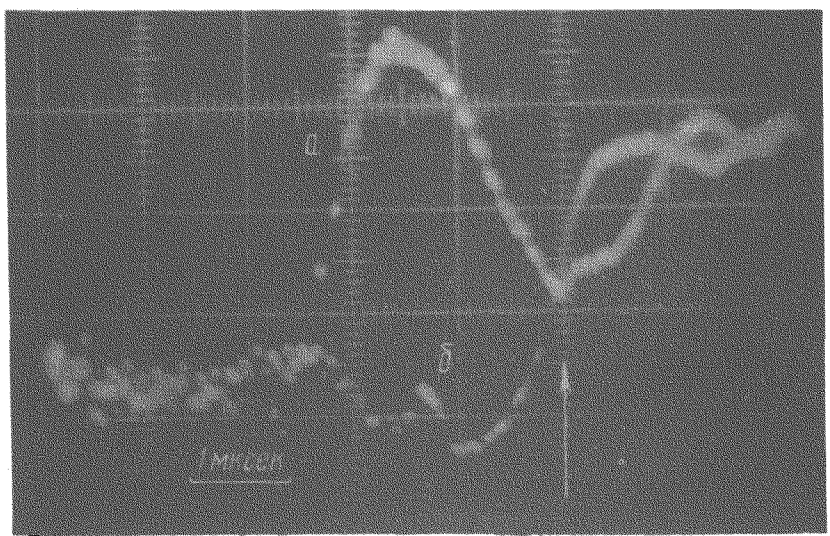


Рис. 2. Осциллограммы ионных токов. Стрелка на рис. 2 указывает на окончание ионного тока  $D^+$ . Остальная часть осциллограммы соответствует ионам примесей: *а* – при резонансном значении магнитного поля  $H = 68$  (в делениях амперметра), *б* – при значении магнитного поля, отличном от резонансного ( $H = 65$ )

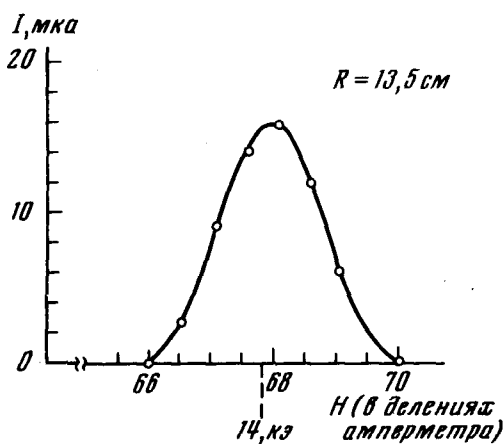


Рис. 3. Зависимость величины ионного тока от магнитного поля

При неизменном резонансном значении  $H$  измерена зависимость тока дейтонов от амплитуды ВЧ поля. Была исследована также зависимость тока дейтонов от мощности излучения лазера.

С уменьшением радиуса регистрации ток пучка дейтонов доходил до  $200 \mu A$  на радиусе  $R = 5 \text{ см}$ . При этом резонансная зависимость сигнала от  $H$  становится более пологой. Время появления ионного сигнала на развертке осциллографа (от начала развертки) определяется расстоянием коллектора от мишени и амплитудой ВЧ поля.

Эти факты показывают, что реализуется режим ускорения ионов  $D^+$ , полученных в лазерной плазме.

4. В связи с тем, что лазер работал в режиме одиночного импульса, регистрация сигнала (вывод пучка) на расстояниях от мишени больших 15 см представляется затруднительной. Применение частотных лазеров позволит увеличить как интенсивность пучка, так и вывод пучка на энергии большие 1 Мэв.

Авторы благодарят Н.Г.Басова, Г.М.Флерова и А.М.Балдина за интерес к работе и Б.М.Попова за предоставление возможности проведения экспериментов на циклотроне и полезные советы.

Московский  
инженерно-физический институт

Поступила в редакцию  
6 марта 1973 г.

### Литература

- [ 1 ] Н.Г.Басов, В.А.Бойко, Ю.П.Войнов, Э.Я.Кононов, С.П.Мандельштам, Г.В.Склизков. Письма в ЖЭТФ, 5, 179, 1967,
- [ 2 ] Н.Г.Басов, В.А.Бойко, Ю.П.Войнов, Э.П.Кононов, С.Л.Мандельштам, Г.В.Склизков. Письма в ЖЭТФ, 6, 349, 1967.
- [ 3 ] В.В.Аполлонов, Ю.А.Быковский, Н.Н.Дегтяренко, В.Ф.Елесин, Ю.П.Козырев, С.М.Сильнов. Письма в ЖЭТФ, 11, 377, 1970.
- [ 4 ] Ю.А.Быковский, Н.Н.Дегтяренко, В.Ф.Елесин, Ю.П.Козырев, С.М.Сильнов. ЖЭТФ, 60, 1306, 1971.
- [ 5 ] О.Б.Ананьин, Ю.А.Быковский, Н.Н.Дегтяренко, Ю.П.Козырев, С.М.Сильнов, Б.Ю. Шарков. Письма в ЖЭТФ, 16, 543, 1972.