

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

3550/82

2/viii-82

P9-82-317

О.Б.Ананьин,* Ю.А.Быковский,* Б.Н.Гикал,
В.П.Гусев,* Ю.П.Козырев,* И.В.Колесов,
В.Б.Кутнер, Ю.Ц.Оганесян, А.С.Пасюк,
В.Д.Пекленков,* Д.А.Узиенко*

УСКОРЕНИЕ НА ЦИКЛОТРОНЕ ИОНОВ
 C^{3+} ИЗ ЛАЗЕРНОЙ ПЛАЗМЫ
12

* Московский инженерно-физический институт.

Направлено в журнал "Письма в ЖЭТФ"

1982

Лазерный источник ионов был создан 13 лет тому назад ^{/1/}, на нем был проверен принцип получения ионов из лазерной плазмы. Дальнейшие исследования и вытекающие из них усовершенствования привели к ряду физико-технических применений лазерного источника: в лазерных энерго-массанализаторах, в малогабаритных лазерных генераторах нейтронов и, наконец, в ускорительной технике, где лазерный источник ионов был успешно применен для инжекции многозарядных ионов в линейный ускоритель синхротрона ^{/2/}.

В 1973 г. была показана принципиальная возможность использования лазерного источника ионов в циклотроне ^{/3/}, однако недостаточно высокий уровень развития лазерной техники и, главным образом, недостаточное понимание особенностей поведения лазерной плазмы в магнитном поле не позволили в то время создать источник, пригодный для широкого использования.

Исследования лазерной плазмы в магнитных полях ^{/4-6/} дали возможность разработать оригинальную схему источника и впервые применить лазерный источник ионов на циклотроне с реализацией полного цикла ускорения ионов вплоть до вывода ускоренного ионного пучка. В настоящей работе сообщается об этом эксперименте.

Опыты проводились на изохронном циклотроне У-200 ^{/7/}. В источнике использовался СО₂-лазер с поперечным разрядом, частота работы которого составляла ~1 Гц, полная энергия в импульсе - 0,4 Дж. Излучение лазера вводилось в циклотрон через вертикальный канал в полюсе электромагнита и фокусировалось на мишень, расположенную в центре циклотрона на определенном расстоянии от эмиссионной щели. Плотность мощности излучения на мишени составляла ~10⁹ Вт/см².

Для эксперимента были выбраны ионы С³⁺₁₂ как наиболее удобные с точки зрения проведения эксперимента. Запуск лазера был синхронизирован с модулятором ВЧ генератора циклотрона. Измерение величины интегрального ионного тока проводилось аналогично описанному в ^{/5/}, а измерения ионного тока на внутренних радиусах и после вывода из циклотрона выполнялись с помощью пробников. Для получения максимального ионного тока из эмиссионной щели предусмотрена возможность ориентировки мишени в пространстве по отношению к щели в соответствии с результатами исследований ^{/4/}.



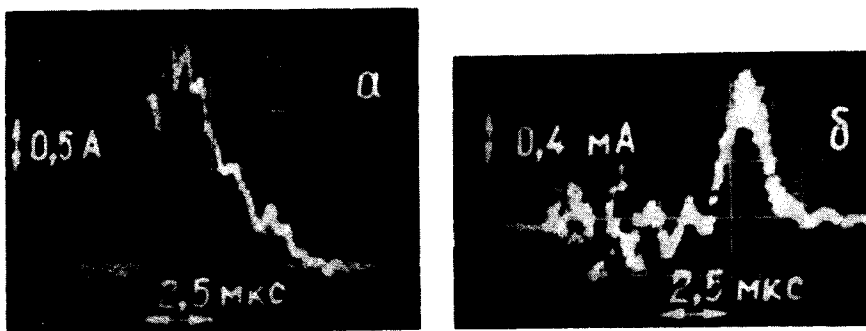


Рис. 1. Осциллограммы интегрального ионного тока на выходе из лазерного источника ионов /а/ и ускоренного ионного тока на расстоянии 30 см от центра циклотрона /б/.

Результаты измерений показали:

1. Интегральный ионный ток на выходе из источника составил $1 \div 3$ А, а плотность тока - около 10 А/см^2 , что на порядок превышает величину плотности ионного тока на выходе из обычного дугового источника /рис. 1а/. Длительность ионного импульса - около 2,5 мкс на полувысоте /уровень, соответствующий 50% амплитуды/.

2. На расстоянии 30 см от центра циклотрона /рис. 1б/ количество ионов составило $1 \div 3 \cdot 10^9$ частиц/импульс; длительность импульса ускоренных ионов равнялась 2,5 мкс, на полувысоте - 1,5 мкс; величина ускоренного ионного тока за импульс лазера была ~1 мА.

3. На выходе из циклотрона, после перезарядки на фольге, интенсивность ионного пучка составила $4 \div 9 \cdot 10^8$ частиц/импульс лазера.

Длительность ионного импульса на выходе из источника значительно превышает длительность импульса лазера. Это объясняется сдвигом энергетического спектра ионов в сторону меньших энергий при прохождении плазмы поперек магнитных силовых линий от мишени до эмиссионной щели /б/. При общем количестве ионов углерода, получаемых в плазме за импульс лазера, $\sim 10^{15}$ из источника извлекалось $\sim 10^{13}$ ионов. В соответствии со стендовыми испытаниями количество ионов C^{3+} , получаемых из источника, составляло $10^{11} \div 10^{12}$ частиц/импульс /б/.

Уменьшение ионного тока при ускорении от радиуса 30 см до конечного радиуса циклотрона при неизменной длительности ионного пакета соответствовало обычным потерям при ускорении ионов от дуговых источников /примерно в три раза/.

Несмотря на высокую величину амплитуды интегрального ионного тока на выходе из источника, захват ионов в режим ускорения и само ускорение происходили достаточно стабильно.

Полученные результаты показывают возможность эксплуатации лазерного источника многозарядных ионов с плотностью ионного тока на выходе около 10 А/см^2 в качестве источника для циклотрона. Дальнейшее направление работ по созданию эксплуатационного лазерного источника многозарядных ионов для циклотронов связано с улучшением параметров лазерной установки, нахождением оптимальных условий образования многозарядных ионов и их экстракцией из лазерной плазмы в условиях магнитного поля циклотрона $\sim 2 \text{ Т}$, что должно привести к повышению интенсивности ускоряемого ионного пучка.

Применение лазерного ионного источника позволяет расширить диапазон ускоряемых ионов на существующих циклотронах, использовать в качестве мишеней такие материалы, которые в силу своих физико-технических свойств или особенностей изготовления не могут быть использованы в ионных источниках дугового типа.

Авторы выражают благодарность Г.Н.Флерову за постановку задачи и постоянное внимание к ней, а также Е.А.Корчагину и А.Г.Пилькову за техническую помощь при подготовке эксперимента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Быковский Ю.А. и др. Авторское свидетельство СССР №324938 от 8.06.68 г. Бюллетень ОИПОТЗ, 1974, №7, с. 227.
2. Быковский Ю.А., Козырев Ю.П. Природа, 1977, №5, с. 54.
3. Ананьин О.Б. и др. Письма в ЖЭТФ, 1973, 17, с. 460.
4. Ананьин О.Б. и др. Физика плазмы, 1982, 8, 1, с. 92
5. Ананьин О.Б. и др. Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1981, том 1, с. 98; ОИЯИ, Р9-81-639, Дубна, 1981.
6. Ананьин О.Б. и др. ОИЯИ, Р9-81-632, Дубна, 1981.
7. Шелаев И.А. и др. ОИЯИ, Р9-5048, Дубна, 1970.

Рукопись поступила в издательский отдел
3 мая 1982 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

D13-11182	Труды IX Международного симпозиума по ядерной электроне. Варна, 1977.	5 р. 00 к.
D17-11490	Труды Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1977.	6 р. 00 к.
D6-11574	Сборник аннотаций XV совещания по ядерной спектроскопии и теории ядра. Дубна, 1978.	2 р. 50 к.
D3-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
D13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
D1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
D1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
D11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применении в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
D4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
D4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
D2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
D10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
D1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
D17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
D1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
P18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Ананьин О.Б. и др. Ускорение на циклотроне ионов C_{12}^{8+} из лазерной плазмы P9-82-317

Сообщается об ускорении на циклотроне У-200 ионов C_{12}^{8+} , полученных из лазерной плазмы. При плотности мощности лазерного излучения $\sim 10^9$ Вт/см² интенсивность ускоренного ионного пучка составила $1/4 \div 9/10^8$ частиц/импульс.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1982

Ananjin O.B. et al. The C_{12}^{8+} Ions from Laser Plasma Accelerated at a Cyclotron P9-82-317

The C_{12}^{8+} ions produced by a laser plasma at the cyclotron U-200. The intensity of the accelerated ion beam was $(4-9) \times 10^8$ part/pulse at the power density of laser radiation of $\sim 10^9$ w/cm².

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Reactions, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1982

Перевод Л.В.Пашкевич.