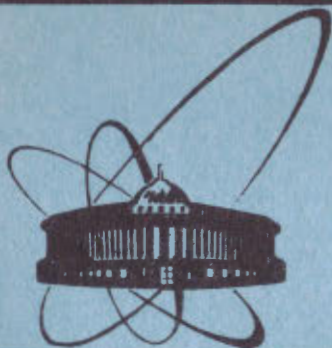


18/1/84



ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

P9-84-246

Ю.Д.Безногих, А.И.Говоров, Л.П.Зиновьев,  
И.И.Куликов, В.А.Мончинский, А.И.Пикин,  
И.Н.Семенюшкин, А.П.Царенков

УСКОРЕНИЕ ЯДЕР ЛИТИЯ, УГЛЕРОДА  
И МАГНИЯ В СИНХРОФАЗОТРОНЕ ОИЯИ  
ОТ  $CO_2$  ЛАЗЕРНОГО ИСТОЧНИКА

Направлено в журнал "Письма в ЖЭТФ"

1984

Впервые ускорение ядер углерода от лазерного источника было осуществлено на синхрофазотроне в 1976 году <sup>1/</sup>. В источнике использовался твердотельный лазер на неодимовом стекле с выходной мощностью ~1 ГВт, обеспечивающий плотность потока излучения на мишени  $10^{13}$  Вт/см<sup>2</sup>. Итогом эксперимента было ускорение ядер углерода в синхрофазотроне и облучение фотоэмульсий на выведенном релятивистском ядерном пучке. Однако применение на ускорителе источника с лазером на неодимовом стекле было ограничено недостаточной надежностью лазерной системы и малой частотой / ~0,02 Гц/ посылок рабочих импульсов. Дальнейшая разработка лазерного источника была ориентирована на использование СО<sub>2</sub> лазера, свободного от указанных недостатков неодимового лазера и, что особенно важно, позволяющего существенно снизить плотность потока излучения, требуемую для получения в лазерной плазме ионов одной и той же зарядности <sup>2,3/</sup>.

В результате проведенных исследований был создан лазерный источник, основанный на СО<sub>2</sub> лазере с ультрафиолетовой предионизацией <sup>4,5/</sup>, имеющий выходную энергию 10 Дж при частоте повторения 1 Гц.

Резонатор лазера образован плоским зеркалом с алюминиевым покрытием и пластинкой из NaCl. Излучение СО<sub>2</sub> лазера фокусируется на мишени источника двухлинзовым объективом с фокусным расстоянием  $F = 140$  мм. Предельная плотность потока излучения на мишени источника ~ $10^{10}$  Вт/см<sup>2</sup>.

Лазерный источник на СО<sub>2</sub> лазере, смонтированный на инжекторе синхрофазотрона - линейном ускорителе ЛУ-20, позволил получить на его выходе ускоренные до энергии 5 МэВ/нуклон ядра Li, C, и Mg с максимальными интенсивностями за импульс:

$${}^6_3\text{Li}^+ \sim 3,5 \cdot 10^9 \text{ ядер}, \quad {}^7_3\text{Li}^+ \sim 5 \cdot 10^{10} \text{ ядер}, \\ {}^{12}_6\text{C}^+ \sim 1,5 \cdot 10^{10} \text{ ядер} \text{ и } {}^{24}_{12}\text{Mg}^+ \sim 1,0 \cdot 10^9 \text{ ядер}.$$

При этом пропускная способность системы форинжектор - линейный ускоритель составляла ~10%.

Длительность импульса тока для углерода /рис.1а/ и магния ~5 мкс, а для лития /рис.1б/ ~10 мкс. Интегральный заряд на выходе источника равен для углерода  $6 \cdot 10^{13}$  элементарных зарядов, что дает соответственно  $2,0 \cdot 10^{13}$  ионов/имп. при  $Z_{\text{ср}} = 3$ .

В качестве мишеней использовались химически чистые магний и углерод, а при ускорении лития - фтористый литий с природным соотношением изотопов.

При приведенных выше интенсивностях на выходе линейного ускорителя количество ядер, ускоренных в синхрофазотроне до энергии 4,2 ГэВ/нуклон, составило:



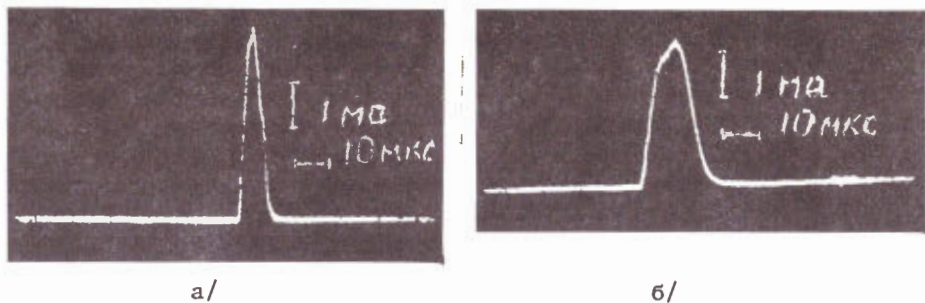


Рис.1. Сигналы импульсов на выходе линейного ускорителя ЛУ-20 для углерода /а/ и лития /б/.

$$\begin{aligned}
 & {}^3_6\text{Li} \sim 10^8 \text{ ядер/имп.}, \quad {}^3_7\text{Li} \sim 2 \cdot 10^9 \text{ ядер/имп.}, \\
 & {}^6_{12}\text{C} \sim 5 \cdot 10^8 \text{ ядер/имп.} \quad \text{и} \quad {}^{12}_{24}\text{Mg} \cdot 10^5 \text{ ядер/имп.}
 \end{aligned}$$

Падение интенсивности ускоренных ядер магния объясняется потерями при перезарядке ядер на молекулах остаточного газа в процессе ускорения. Среднее давление в камере синхрофазотрона при ускорении ядер лития и углерода составляло  $\approx 1,6 \cdot 10^{-6}$  Тор.

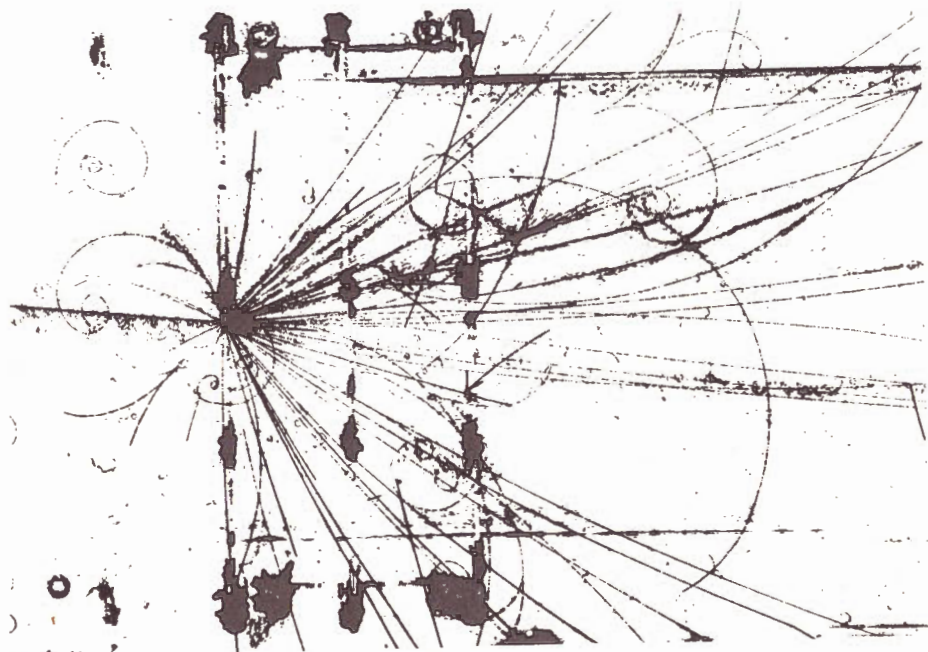


Рис. 2

Ускорение магния производилось при включенной в одном квадранте вакуумной камеры синхрофазотрона системе криооткачки<sup>/6/</sup>, позволившей уменьшить в  $5 \div 6$  раз "вакуумные" потери ядер магния.

CO<sub>2</sub> лазерный источник продемонстрировал стабильную работу с хорошей повторяемостью импульсов тока, что позволило по существу с первой попытки провести серию физических экспериментов на выведенных пучках ядер лития, углерода и магния. На рис.2 приведен снимок взаимодействия релятивистского ядра магния с танталом, снятого на 2-метровой пропановой пузырьковой камере ЛВЭ ОИЯИ.

В эксперименте с CO<sub>2</sub> лазерным источником многозарядных ионов в синхрофазотроне были впервые ускорены ядра лития и магния, а также в сто раз была увеличена рабочая интенсивность ядер углерода.

Полученные результаты открывают широкую возможность для использования и дальнейшего развития CO<sub>2</sub> лазерного источника на синхрофазотроне, что позволит увеличить интенсивность и расширить спектр масс ускоряемых ядер.

Авторы выражают глубокую благодарность академику А.М.Балдину за постоянное внимание к работе, а также академику А.М.Прохорову, И.Н.Сисакяну и Г.П.Кузьмину за полезные обсуждения и помощь в изготовлении CO<sub>2</sub> лазера.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ананьин О.Б. и др. "Квантовая электроника", 1977, 4, №7, с. 1547.
2. Bobin J.L., Tonon G. В. J.S.T. du Courmisariat a l'Energie atomique, France, 1971, No. 160, p. 23.
3. Быковский Ю.А. и др. "Письма в ЖЭТФ", 1979, 5, вып. 1, с. 46.
4. Burnett N.H., Offenberger A.A. J.Appl.Phys., 1973, 44, No. 8.
5. Бубякин Г.Б. и др. "Квантовая электроника", 1974, 1, №7, с. 1660.
6. Баландиков Н.И. и др. ОИЯИ, Р8-80-172, Дубна, 1980.

Рукопись поступила в издательский отдел  
13 апреля 1984 года.



### НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

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

	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 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 применению 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.
D2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
D9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
D3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.
D2,4-83-179	Труды XV Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Дубна, 1982.	4 р. 80 к.
	Труды УШ Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Протвино, 1982 /2 тома/	11 р. 40 к.
D11-83-511	Труды совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1982.	2 р. 50 к.
D7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р. 55 к.
D2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р. 00 к.

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

Безногих Ю.Д. и др.

P9-84-246

Ускорение ядер лития, углерода и магния в синхрофазотроне ОИЯИ от CO<sub>2</sub> лазерного источника ионов

CO<sub>2</sub> лазерный источник ионов был установлен на инжекторе синхрофазотрона - линейном ускорителе ЛУ-20. От этого источника впервые получены ускоренные до энергии 4,2 ГэВ/нуклон ядра  ${}^3_6\text{Li}$  /10<sup>8</sup> ядер/имп./,  ${}^3_7\text{Li}$  /2·10<sup>9</sup> ядер/имп./ и  ${}^{12}_{24}\text{Mg}$  /10<sup>5</sup> ядер/имп./. Существенно увеличена интенсивность ускоренных ядер  ${}^{6+}_{12}\text{C}$  /5·10<sup>8</sup> ядер/имп./.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1984

Перевод О.С.Виноградовой

Beznogikh Yu.D. et al.

P9-84-246

Acceleration of Lithium, Carbon and Magnesium Nuclei in JINR Synchrophasotron from CO<sub>2</sub> Laser Ion Source

CO<sub>2</sub> laser ion source has been installed on the Linac LU-20-injector of the synchrophasotron.  ${}^3_6\text{Li}$  (10<sup>8</sup> n/pp),  ${}^3_7\text{Li}$  (2·10<sup>9</sup> n/pp) nuclei have been obtained for the first time and  ${}^{12}_{24}\text{Mg}$  (10<sup>5</sup> n/pp) accelerated up to 4.2 GeV/nucleon from this ion source. The intensity of accelerated nuclei  ${}^{6+}_{12}\text{C}$  (5·10<sup>8</sup> n/pp) has been increased considerably.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1984