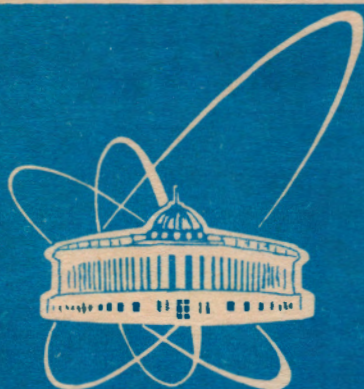


548-95



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

95-548

P13-95-548

В.М.Быстрицкий, В.М.Гребенюк, А.В.Ревенко,
С.Г.Стеценко, В.А.Столупин

О РЕГИСТРИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ
ТРЕКОВЫХ ДЕТЕКТОРОВ CR-39 В ВАКУУМЕ

Направлено в журнал «Review of Scientific Instruments»

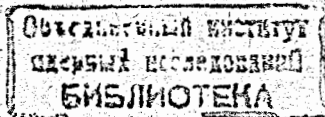
1995

Введение

В настоящее время во многих областях ядерной физики широко используются твердотельные трековые детекторы на основе полимеров (CR-39, CN-85). Преимущества их использования достаточно подробно изложены в монографиях [1,2], в частности, в экспериментах, где требуется регистрировать ядра в широком диапазоне энергий в присутствии γ -квантов, электронов и нейтронов, потоки которых во много раз превышают поток регистрируемых ядер. Подобная ситуация возникла при проведении исследований сильных взаимодействий между легкими ядрами в области ультранизких энергий столкновения (проект LEIS) [3]. В эксперименте используются импульсные пучки ионов, образующиеся в самосжимающихся газовых разрядах (пинч-эффект). Формирование высоковольтного импульса и сжатие плазмы сопровождается интенсивным рентгеновским и электромагнитным излучением. Заряженные продукты ядерных реакций (p , t , α , ${}^3\text{He}$) регистрируются с помощью трековых детекторов CR-39, расположенных в вакуумной камере. Трековые детекторы CR-39 предполагается также использовать и при исследованиях реакций ядерного синтеза в зарядово-несимметричных мюонных молекулах [4]. В обоих случаях для правильной интерпретации полученных экспериментальных данных необходимо учитывать изменение регистрирующих свойств детекторов CR-39 в вакууме.

Влияние вакуума на регистрирующие свойства твердотельных детекторов изучалось в ряде работ и связано с особенностями механизма образования и проявления треков ядер в веществе детектора. В работе [5] было проведено исследование влияния температуры и давления на размеры треков ядер ${}^{56}\text{Fe}$ и ${}^{20}\text{Ni}$ в CR-39, в работе [6] измерялось изменение диаметров треков α -частиц при длительной (до 7 часов) выдержке в вакууме при давлении остаточных газов 5×10^{-3} мм рт. ст. образцов полимерного детектора CR-39 производства различных фирм. Результаты измерений показали, что после длительного пребывания облученных образцов при давлении 5×10^{-3} мм рт. ст., при одинаковом режиме их травления, диаметр треков уменьшался приблизительно в два раза. Особенно сильный "вакуумный эффект" обнаружен в выполненной недавно работе [7]. Установлено, что CR-39 практически полностью теряет способность регистрировать α -частицы с энергией 5,57 МэВ после выдержки его в вакууме при давлении $\sim 10^{-5}$ мм рт. ст. в течение ~ 9 часов.

Целью настоящей работы являлась проверка результатов работы [7] и исследование регистрирующей способности используемых трековых детекторов из полимера CR-39 после их длительной выдержки в вакууме при давлении меньше чем 10^{-5} мм рт. ст.



Экспериментальная установка

Для проведения исследований нами была создана небольшая экспериментальная установка, состоящая из вакуумной камеры и системы высоковакуумной откачки.

На рисунке 1 приведен принципиальный чертеж камеры. Корпус вакуумной камеры (1) выполнен в виде цилиндрического сосуда из нержавеющей стали диаметром 90 мм и объемом 500 см³. Внутри камеры располагались исследуемый образец (2) трекового детектора из CR-39 и источник α -частиц ²⁴¹Am (3). Образец (диск диаметром 10 мм и толщиной 0,5 мм) находился в фиксированном положении на поверхности стола (4). Источник α -частиц изготавливался путем имплантации ядер ²⁴¹Am в алюминиевую фольгу на глубину 0,5 + 1 мкм. Угол вылета α -частиц по отношению к поверхности фольги был не менее 60°. Интенсивность α -источника в телесном угле вылета частиц составляла 35 Бк. Алюминиевая фольга укреплялась на вращающемся держателе (5). Держатель имел два фиксированных положения: в одном положении фольга находилась над поверхностью образца на расстоянии 1 мм и α -источник облучал детектор, в другом - вне зоны возможного облучения детектора. Положение держателя (5) контролировалось с помощью электрических контактов (на рисунке не показаны). Конструкция камеры позволяла перемещать держатель без нарушения в ней вакуума.

Система высоковакуумной откачки обеспечивала вакуумирование камеры до давления 2×10^{-6} мм рт. ст. Для предотвращения попадания паров масла диффузионного насоса в объем камеры, между ней и насосом устанавливалась специальная ловушка, погруженная в жидкий азот.

Условия проведения исследований

Исследования проводились с образцами из полимера CR-39 производства фирмы Pershor и фирмы American Acrylic and Plastics (любезно предоставленного нам авторами работы [7]). Методика проведения опытов заключалась в следующем. Образец трекового детектора из исследуемого полимера закреплялся в камере на поверхности стола (рис. 1). Камера вакуумировалась и образец выдерживался в вакууме до облучения, время его пребывания в вакууме изменялось от 1 до 12 часов, затем производилось облучение трекового детектора находящимся в вакуумной камере α -источником. Длительность облучения составляла 1 мин или 2 мин. После облучения образцы выдерживались в вакууме в течение времени примерно 10 часов. По окончании опыта в камеру напускался

воздух и производилась смена образца. После проведения серии опытов с 10 - 20 образцами производилась их обработка для проявления треков α -частиц в полимере CR-39. Обработка проводилась по стандартной процедуре. Все образцы данной серии погружались в ванну с раствором NaOH(6N) и травились при температуре 60 °С в течение 2 часов. Для контроля за процессом травления в каждой серии присутствовал образец из CR-39, облучение которого производилось при атмосферном давлении. Обработанные таким образом трековые детекторы просматривались под микроскопом с целью определения количества проявленных треков α -частиц. Условия проведения опытов приведены в таблице 1. Плотность фоновых треков была пренебрежимо мала, менее 0,005 плотности треков α -частиц от источника.

Выводы

В настоящей работе исследовалось влияние, которое оказывает вакуум ($2,2 \times 10^{-6}$ мм рт. ст. $\leq p \leq 8 \times 10^{-6}$ мм рт. ст.) на способность детектора CR-39 регистрировать α -частицы. Для проведения количественных оценок производился подсчет числа треков α -частиц с энергией 5,57 МэВ от источника ²⁴¹Am. Были проведены опыты с вариацией времени пребывания образцов в вакууме как до облучения, так и после. Проводились также исследования при различных давлениях от 5×10^{-4} до 2×10^{-6} мм рт. ст.

Основными выводами нашей работы являются следующие.

1) Выводы авторов работы [7] о полном исчезновении треков в CR-39 при экспонировании его в вакууме ($p < 10^{-5}$ мм рт. ст.) на протяжении более 9 ч после облучения детектора α -частицами не подтверждаются (см. рис. 2, 3).

2) Пребывание полимера CR-39 в вакууме ($2,2 \times 10^{-6}$ мм рт. ст. $\leq p \leq 8 \times 10^{-6}$ мм рт. ст.) в течение времени $t \leq 12$ ч до и после облучения приводит к уменьшению регистрирующей способности детектора не более чем на 15 %.

Учитывая существенное расхождение между результатами настоящей работы и работы [7], а также актуальность данной проблемы, было бы целесообразным провести дальнейшие исследования в этом направлении.

В заключение авторы выражают благодарность Вит.М. Быстрицкому за полезные дискуссии и инициирование данных исследований, А.Ф.Новгородову за изготовление α -источника, а также Ю.М. Валуеву за помощь при проведении эксперимента.

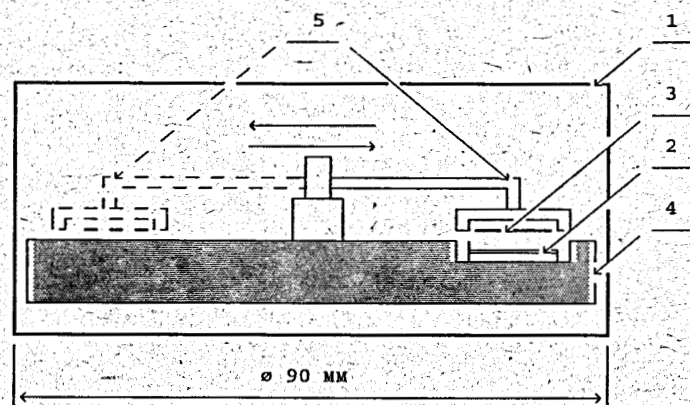


Рис. 1. Вакуумная камера.

1 - корпус вакуумной камеры; 2 - образец трекового детектора из CR-39; 3 - α -источник; 4 - стол; 5 - держатель.

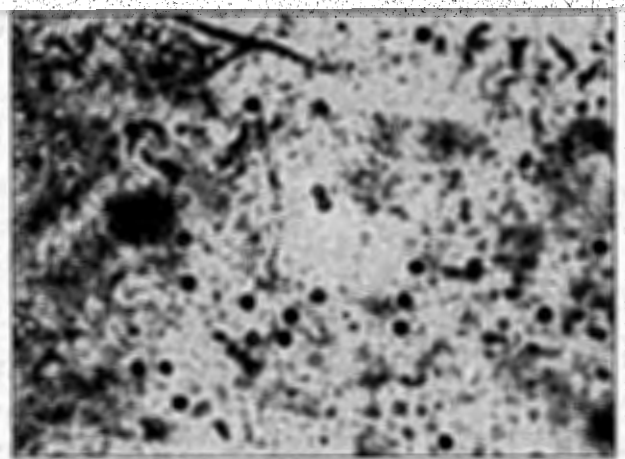


Рис. 2. Фотография треков в детекторе CR-39, облученном в течение 1 мин α -частицами от источника ^{241}Am при атмосферном давлении.

Таблица 1. Условия проведения опытов

Образец CR-39	Время нахождения в вакууме до облучения, ч	Давление, 10^{-6} мм рт.ст.	Длительность облучения, мин	Время нахождения в вакууме после облучения, ч
AAP ^a	8	3,4	1	10
	9	8	1	10,5
	1	3,8	1	9
	11	2,2	1	10
	11	2,6	1	10
	10	3	2	10
	12	6	2	12
	10	4,6	2	10
Per ^b	10	3,2	2	10
	10	3,5	2	10

^a образец CR-39 производства American Acrylic and Plastics;

^b образец CR-39 производства фирмы Pershor.

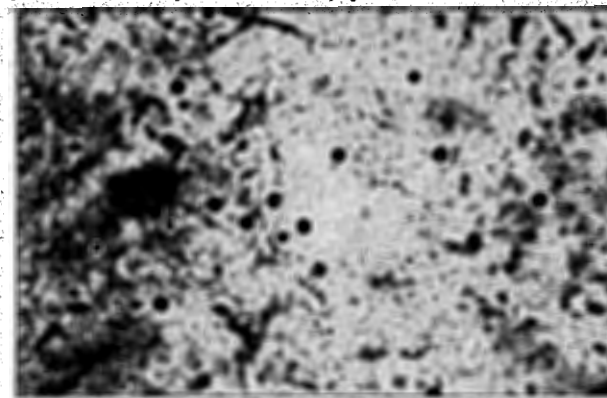


Рис. 3. Фотография треков в детекторе CR-39, находившемся в вакууме 3×10^{-6} мм рт. ст. 9 часов до и 10 часов после его облучения в течение 1 мин α -частицами от источника ^{241}Am .

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Международного научного фонда (грант RGN000) и Российского фонда фундаментальных исследований (грант 95-02-05689).

Литература

1. R.L. Fleisher, P.B. Price and R.M. Walker / NUCLEAR TRACKS IN SOLIDS, Principles and Applications, University of California Press, 1975.
2. S.A. Durrani and R.K. Bull / Solid State Nuclear Track Detection Principles, Methods and Applications, Pergamon Press Ltd, 1987.
3. В.Б. Беляев, Вяч.М. Быстрицкий, В.М. Гребенюк, О.И. Картавец, С.С. Паржицкий, Б.М. Сабилов, В.Т. Сидоров, С.Г. Стеценко, В.А. Столупин, Т.Л. Булгаков, Г.А. Месяц, А.А. Синебрюхов, В.А. Синебрюхов, Вит.М. Быстрицкий, Я. Возняк, А. Гула, Е. Лончки, М. Филиппович, В. Чаплинский, Ф.Е. Зязюля, С.К. Андрухович, А.В. Лучинский, Н.А. Ратахин, С.А. Сорокин и С.А. Чайковский, Препринт ОИЯИ, Д15-95-378, Дубна, 1995.
4. В.Б. Беляев, А. Бертин, Вяч.М. Быстрицкий, А. Витале, Я. Возняк, А. Гула, О.И. Картавец, А.В. Кравцов, Л.А. Ривкис, С.И. Сорокин, С.Г. Стеценко и В.А. Столупин, Сообщение ОИЯИ, Д15-92-323, Дубна, 1992.
5. Y.D. He and P.B.Price // Nuclear Tracks and Radiation Measurements - International Journal of Radiation and Instrumentation, Part D, 1992, v. 20, p. 491.
6. A.N. Golovchenko and S.P. Tretyakova // Nuclear Tracks and Radiation Measurements - International Journal of Radiation and Instrumentation, Part D, 1992, v. 20, p. 521.
7. R. Prohaska, E. Garate, V. Parádichev, A. Fisher and N. Rostoker // Rev. Sci. Instr., 1994, v. 65, p. 3020.

Рукопись поступила в издательский отдел
29 декабря 1995 года.