

С 344.1н + С 341.3

А-139

20/xii - 67

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P13 - 3585



Х.Абдуллаев, В.П.Перелыгин, С.П.Третьякова,
Н.Х.Шадиева

РЕГИСТРАЦИЯ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ
С ПОМОЩЬЮ НИТРАТА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

1967.

P13 - 3585

Х.Абдуллаев, В.П.Перельгин, С.П.Третьякова,
Н.Х.Шадиева

РЕГИСТРАЦИЯ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ
С ПОМОЩЬЮ НИТРАТА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Направлено в ПТЭ



5484/1 чр.

Использование нитрата целлюлозы в качестве детектора осколков деления было впервые предложено в работе Флейшера и Прайса в 1963 году^{/1/}. Травление нитрата целлюлозы, облученного осколками деления, производилось в концентрированном растворе КОН. Следы осколков деления имели форму конических пустотелых каналов диаметром свыше 1 мк и регистрировались с помощью оптического микроскопа.

В 1964 году этими авторами было обнаружено, что слой нитрата целлюлозы имеет относительно высокую чувствительность к заряженным частицам, они обладают способностью регистрировать α -частицы с энергией $\leq 2,2$ Мэв с эффективностью, близкой к 100%^{/2/}. В дальнейших экспериментальных исследованиях было установлено, что нитрат целлюлозы способен регистрировать также однозарядные частицы - протоны и дейтроны в области максимальных удельных потерь энергии этих частиц, т.е. в самом конце пробега^{/3/}.

Детекторы из нитрата целлюлозы были применены для регистрации потоков быстрых нейтронов^{/4/}, изучения распределения бора в сплавах^{/5/}, определения энергии α -частиц по диаметрам следов^{/6/}. Очень важным и интересным применением этих детекторов является их использование для регистрации тяжелой компоненты космического излучения^{/7/}. Нитрат целлюлозы в качестве детектора α -частиц имеет ряд преимуществ по сравнению с ядерными эмульсиями. Он нечувствителен к видимому свету, к γ -лучам и легким заряженным частицам.

Другим важным преимуществом этих детекторов является простота их обработки; просмотр целлулоидных детекторов можно производить при увеличении 100-150х, что намного ускоряет набор статистики при поисках редких событий.

Целью настоящей работы являлся подбор образцов нитрата целлюлозы, наиболее подходящих для регистрации заряженных частиц и иллюстрация возможных применений этого детектора для решения различных экспериментальных задач.

В этих экспериментах испытывались различные образцы нитрата и триацетата целлюлозы, используемые в качестве основы киноплетки или в качестве подложочных материалов. Эти образцы облучались на воздухе α -частицами от препарата ²⁴⁴Cm, имеющими энергию около 5,8 Мэв в геометрии, обеспечивающей получение непрерывного спектра частиц на поверхности детекторов. Обработка облученных образцов производилась в 40% растворе NaOH в течение нескольких часов при комнатной температуре. После обработки детекторы рассматривались на микроскопах МБИ-3 при увеличении 100-400X.

Эти эксперименты показали, что на образцах нитрата целлюлозы, служивших подложкой киноплетки, следы α -частиц имели форму мелких конических углублений; порог регистрации α -частиц для такого нитрата целлюлозы был найден равным $\leq 1,5$ Мэв. На слоях триацетата целлюлозы были зарегистрированы α -частицы с энергией ≤ 1 Мэв также в виде конических углублений, отличающихся неровной структурой стенок.

На слоях технического нитрата целлюлозы, обработанных после облучения в растворах NaOH в течение пяти часов при комнатной температуре, были получены следы α -частиц, имеющие форму пустотелых цилиндрических каналов (рис. 1). Длина таких следов достигала 20 мк для прозрачного целлулоида,

Определенный из распределения пробегов порог чувствительности к α -частицам для дымчатого целлулоида составил $\leq 1,3$ Мэв, для прозрачного целлулоида $\leq 2,2$ Мэв. На этих образцах регистрировались отдельные α -частицы с энергиями ≈ 2 Мэв и $\approx 3,8$ Мэв, соответственно.

Эти детекторы были облучены также ионами ¹⁶O, ²²Ne и ⁴⁰Ar с энергиями ≈ 7 Мэв на нуклон.

Из опытов с ионами кислорода было найдено, что эти ионы образуют протяженные следы, начиная с максимальной энергии 130 Мэв. Однако из-за флуктуаций ионизационных потерь длина следов в целлулоиде обычно много меньше пробега иона кислорода, хотя отдельные следы имели длину до 120 мк.

На рис. 2 представлены следы ионов ^{16}O , ^{20}Ne , ^{40}Ar в целлюлоиде. Как следует из рис. 2, эти следы имеют форму слабо сужающихся конических пустотелых каналов. Высокая чувствительность детекторов из целлюлоида позволяет использовать их как в опытах, связанных с регистрацией легких частиц P , α , Li , так и в экспериментах по изучению состава тяжелой компоненты космического излучения ^{/7/}.

Нами были произведены методические опыты по определению концентрации Li и B в веществе с помощью целлюлоидных детекторов. В этих экспериментах использовались слои фтористого лития и борной кислоты, имевшие толщину много больше пробега ядер ^7Li , α ^3_1H , образующихся в ядерных реакциях $^6\text{Li}(\text{n}, \alpha)^3_1\text{H}$ и $^{10}\text{B}(\text{n}, \alpha)^7\text{Li}$.

Эти реакции являются экзотермическими со значениями $Q_{\text{м}}$, равными соответственно 4,64 и 2,78 Мэв. На долю α -частиц приходится энергия 2,65 и 1 Мэв соответственно, на долю ^3_1H и ^7Li - 1,9 и 1,8 Мэв. Эти реакции характеризуются большими сечениями для тепловых нейтронов, равными соответственно $\sim 9 \cdot 10^{-22}$ и $3,8 \cdot 10^{-21}$ см² для лития и бора.

Концентрация изотопа ^6Li составляет $\approx 7,5\%$ и B^{10} $\approx 19\%$, поэтому сечения реакции на единицу веса этих элементов будут существенно ниже. Однако они достаточно высоки, чтобы производить измерение содержания этих элементов в средах.

В опытах с бором α -частицы и ионы ^7Li имеют энергию ниже порога регистраций в нитрате целлюлозы и поэтому все частицы, вылетающие из препарата, будут регистрироваться на детекторе.

В случае лития энергия α -частиц и ионов ^3_1H выше порога регистраций, поэтому будут регистрироваться в основном частицы, испытавшие поглощение в слое.

Нами были проведены опыты по определению чувствительности метода измерения концентрации лития и бора с помощью внешнего детектора. С этой целью в качестве мишеней были выбраны хлористый литий (LiCl) и карбид бора (B_4C). Слои этих веществ имели толщину, превышавшую пробег наиболее энергетических частиц, образуемых в реакции с нейтронами. К слоям прикладывались вплотную пластинки из прозрачного технического нитрата целлюлозы и затем образцы и детекторы облучались потоком тепловых нейтронов. После облучения детекторы обрабатывались в режиме, указанном выше, и на оптическом микроскопе определялась плотность следов заряженных частиц.

Для препарата, содержащего бор, плотность следов частиц была в 6-7 раз больше, чем для слоя из LiF. На рис. 4 а,б представлены фотографии детекторов, облученных у препаратов, содержащих литий и бор.

Из измеренных в этих опытах значений плотности следов частиц был определен порог чувствительности метода в предположении, что максимальная измеримая плотность следов легких частиц будет равняться 10 тр/см^2 . Он определен равным 10^{-9} ат/ат для сред, содержащих литий, и $\geq 1,5 \cdot 10^{-10}$ ат/ат для сред, содержащих бор.

Методика внешнего детектора из нитрата целлюлозы может быть использована как для измерения концентрации, так и для радиографии образцов, содержащих литий и бор.

В заключение авторы выражают глубокую признательность члену-корреспонденту АН СССР Г.Н.Флерову за постоянное внимание к работе и группе эксплуатации циклотрона У-300 ОИЯИ во главе с Б.А.Загером, обеспечившим проведение облучений образцов тяжелыми ионами.

Л и т е р а т у р а

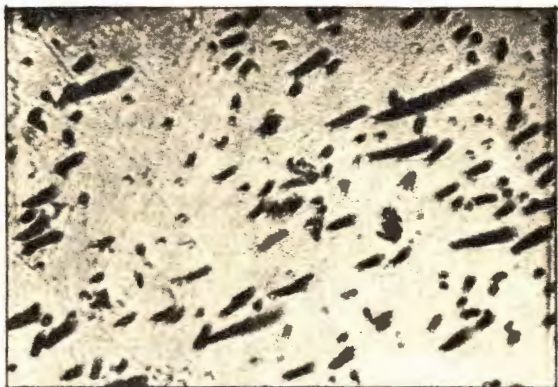
1. R.L.Fleischer, P.B.Price, Science 140, 1221, (1963).
2. R.L.Fleischer, P.B.Price, R.M.Walker, E.L.Hubbard, Phys.Rev. 133, 1443 (1964).
3. R.L.Fleischer, P.B.Price, R.W.Walker Science 149, 383 (1965).
4. L.Medveczky, G.Somogyi, ATOMKI Kozl. 8, 226 (1966).
5. C.P.Bean, R.L.Fleischer, P.S.Swartz, H.R.Hart, J.Appl. Phys. 37, 2218 (1966).
6. G.Somogyi, ATOMKI Kozl. 8, 218 (1966).
7. R.C.Filz, R.L.Fleischer, M.W.Friedlander, K.Fukui, F.Holeman, P.B.Price, R.S.Rajan, A.S.Tamhane, R.M.Walker, Science 155, 3759, p.187-188. (1967).

Рукопись поступила в издательский отдел

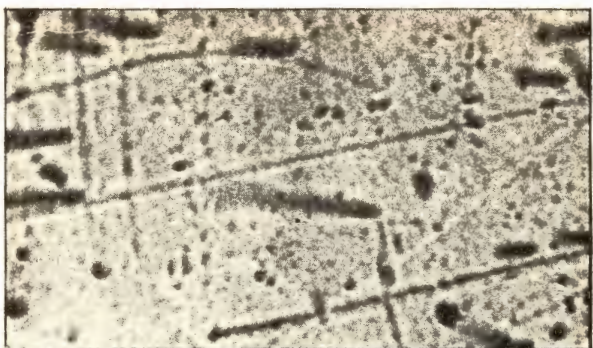
4 ноября 1967 года.



Рис. 1. Фотография следа α -частиц на нитрате целлюлозы, облученном α -частицами от ^{244}Cm .



а)



б)



в)

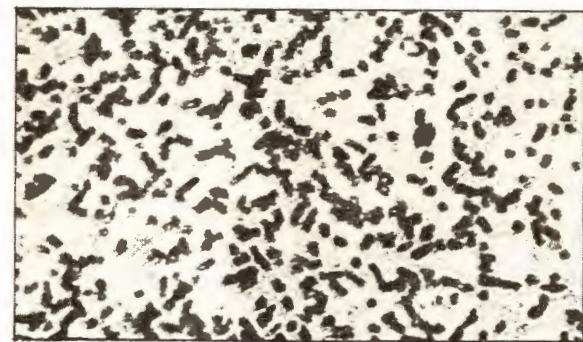
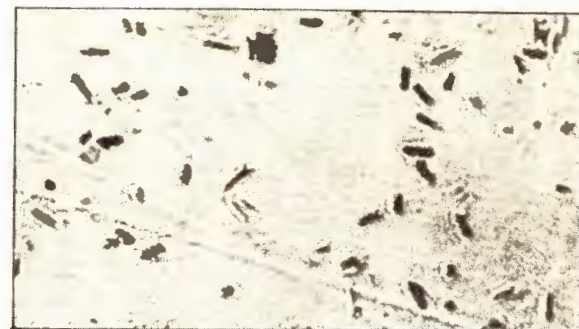


Рис. 3. Следы α -частиц на нитрате целлюлозы от препарата а) лития, б) бора.

Рис. 2. Фотография следов ионов а) ^{16}O ; б) ^{20}Ne ; в) ^{40}Ar на нитрате целлюлозы.