

T-666



7
Объединенный
институт
ядерных
исследований
дубна

2302/2-81

"15-81
13-80-870

С.П.Третьякова, Л.В.Джолос

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ УСИЛЕНИЕ
СЛЕДОВ ОСКОЛКОВ ДЕЛЕНИЯ ЯДЕР

Направлено в ПТЭ

1980

ВВЕДЕНИЕ

Одним из методов увеличения размеров треков заряженных частиц в диэлектрических детекторах является электрохимическое травление /ЭХТ/^{1/}, суть которого заключается в том, что при проведении химического травления в электрическом поле с частотой в несколько кГц на конце конуса травимого трека заряженной частицы возникает при определенной напряженности поля разрядное пятно древовидной формы. Размер пятна зависит от режима электрохимического травления. Предполагается, что высокая частота и напряженность поля способствуют проникновению компонентов раствора в область трека, возникают микротрещины. Это вызывает дополнительную деструкцию материала вокруг трека, и процесс травления в этом районе ускоряется. Появление разрядных пятен, их величина зависят от материала детектора. Наилучшие результаты получаются при гомогенной структуре полимера /1/. Пятно может достигать 500 мкм в диаметре и хорошо видно невооруженным глазом /рис.1/. Однако характеристика трека - длина, форма входного отверстия, угол входа - сильно искажается. В этом случае можно получать информацию только о количестве треков.

Процесс электрохимического травления полиэтилентерефталата /мелинекс-0/, поликарбоната и полимера CR-39 применялся для

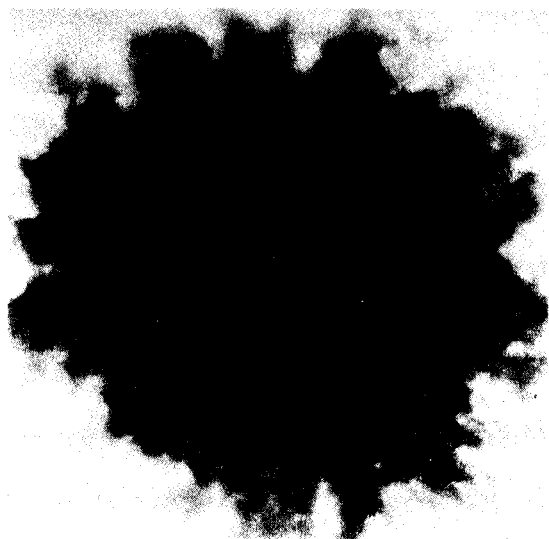


Рис.1. Микрофотографии разрядных пятен на треках осколков деления $^{244}\text{Сm}$ для случая травления 175 мкм лавсановой пленки в 30%-ном растворе КОН при 70°C в течение 3 часов. Частота и напряженность поля равны соответственно 2 кГц и 10 кВ/см.

дозиметрии нейтронов, а также для регистрации осколков деления и альфа-частиц, входящих в детектор под прямым углом ¹⁻⁴.

В данной работе этот вид травления исследовался с целью выяснения возможности увеличения размеров треков осколков деления ядер в геометрии облучения 2π , что необходимо для разработки методов автоматизации при просмотре больших площадей лавсановых детекторов, используемых в экспериментах по изучению ядерных процессов с низким выходом продуктов реакции, синтезе и поиске в природных образцах трансурановых и сверхтяжелых элементов.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В качестве детекторов использовались полиэтилентерефталатные пленки: лавсан /отечественного производства/ толщиной 50 и 175 мкм и мелинекс-0 /английского производства/ - 175 мкм.

Облучение осколками деления ядер юрия и урана проводилось на воздухе и в вакууме; угол входа осколка в детектор менялся от 0° до 90° ; энергия осколков изменялась с помощью тонкого поликарбонатного поглотителя или воздушного промежутка.

Камера для электрохимического травления схематично представлена на рис.2. При травлении детектора с двух сторон /рис.2а/ лавсановая пленка /2/ помещается между двумя емкостями /1/, заполненными электролитом /раствором для травления/, в который погружаются никелевые электроды /3/ ¹⁵.

Для травления пленки с одной стороны одна из емкостей /рис.2а/ заполняется 20%-ной NaCl, либо детектор поме-

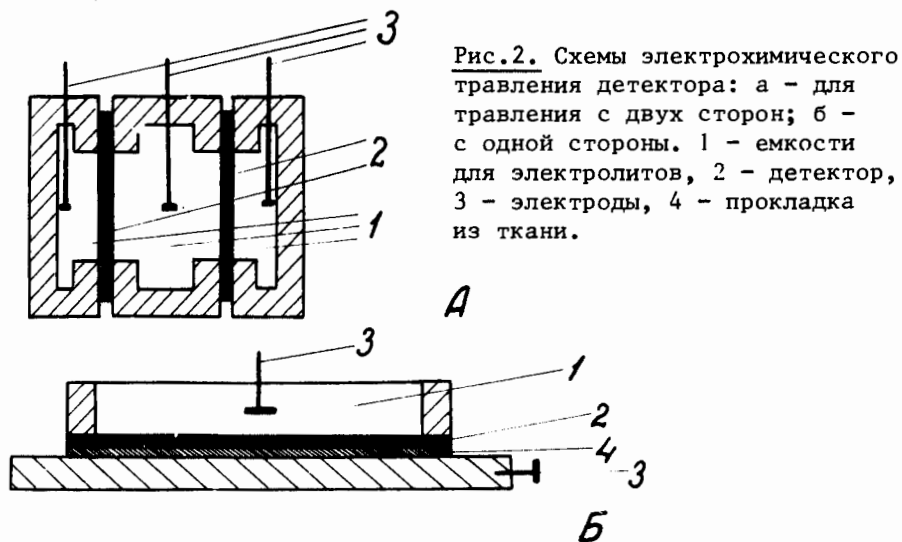


Рис.2. Схемы электрохимического травления детектора: а - для травления с двух сторон; б - с одной стороны. 1 - емкости для электролитов, 2 - детектор, 3 - электроды, 4 - прокладка из ткани.

щается на металлическую плиту с прокладкой из тонкой ткани, смоченной электролитом NaCl ⁴ /рис.2б/. Металлическая плита служит вторым электродом. Для нагревания и поддержания постоянной температуры в первом случае используется водяной термостат, а во втором - термостатированная вода, протекающая через медные трубки, припаянные снизу к плите.

Изменение параметров электрического поля проводилось генератором с плавной регулировкой напряжения /до 2000 В/ и синусоидальной формой волны. Частота менялась от 100 Гц до 6 кГц. Размер пятна измерялся на микроскопе МБИ-3, счет событий проводился либо с помощью проекционного устройства "Микрофот", либо визуально. На рис.1 представлены микрофотографии разрядных пятен, полученных при травлении 175 мкм лавсана, облученного осколками деления ядер ²⁴⁴Cm.

Изучалась эффективность образования и величина разрядных пятен в зависимости от напряженности и частоты поля, угла входа осколка в детектор и его энергии, нагревания, ультрафиолетового и гамма-излучения до и после облучения осколками деления, а также от параметров процесса травления: концентрации электролитов, температуры и длительности процесса.

Напряженность поля определялась как отношение напряжения, подаваемого на ячейку (V), и начальной толщины детектора (L): $E = V/L$. Величина V измерялась между электродами и в течение всего процесса поддерживалась постоянной.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для травления детекторов использовался водный раствор KOH ², концентрация которого изменялась от 10 до 40% /весовых/. С увеличением концентрации /рис.3а/ размер разрядного пятна растет, при 30% достигает максимума, затем происходит его уменьшение. Во всех дальнейших экспериментах использовался 30%-ный раствор.

Рост температуры раствора, продолжительности травления, частоты поля и напряжения приводит к увеличению размера пятен и их количества.

Результаты экспериментов для осколков деления, входящих в детектор под углом 90° с энергией ≥ 10 МэВ, представлены на рис.3б-6, за исключением данных по эффективности регистрации, которая определялась для всего спектра осколков деления при облучении в геометрии 2π .

Фоновые пятна, связанные с несовершенством структуры полимера и качеством поверхности, на лавсановой пленке толщиной 50 мкм появляются при напряженности поля ≥ 18 кВ/см, что хорошо согласуется с данными работы ² для пленки из мелинекса-0 тол-

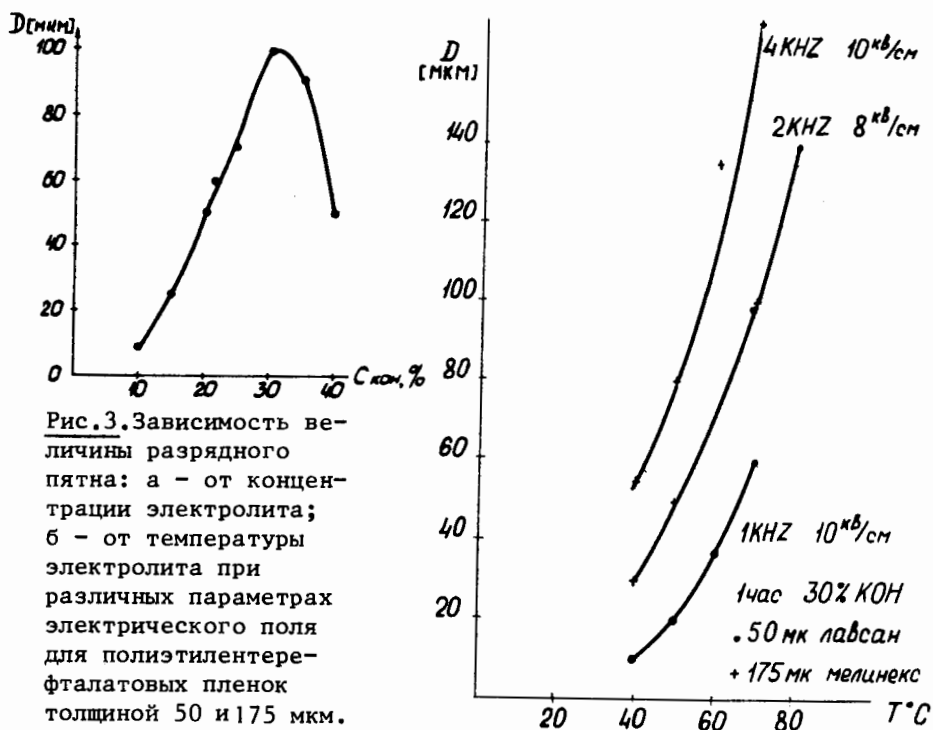


Рис. 3. Зависимость величины разрядного пятна: а - от концентрации электролита; б - от температуры электролита при различных параметрах электрического поля для полиэтилентерефталатовых пленок толщиной 50 и 175 мкм.

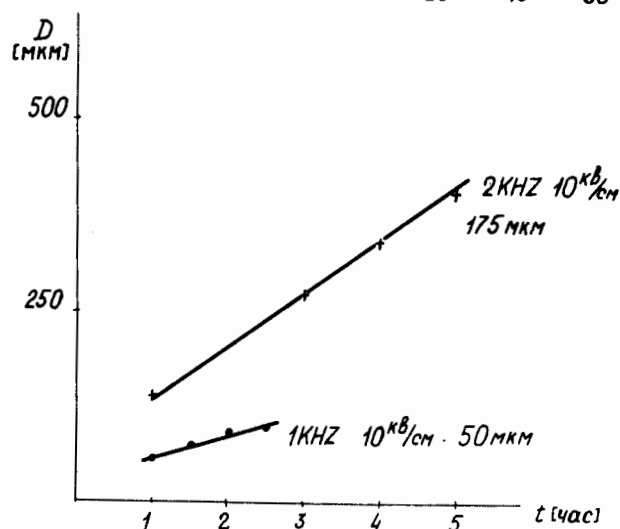


Рис. 4. Зависимость величины разрядного пятна от длительности травления при 70°C для лавсановых пленок толщиной 50 и 175 мкм.

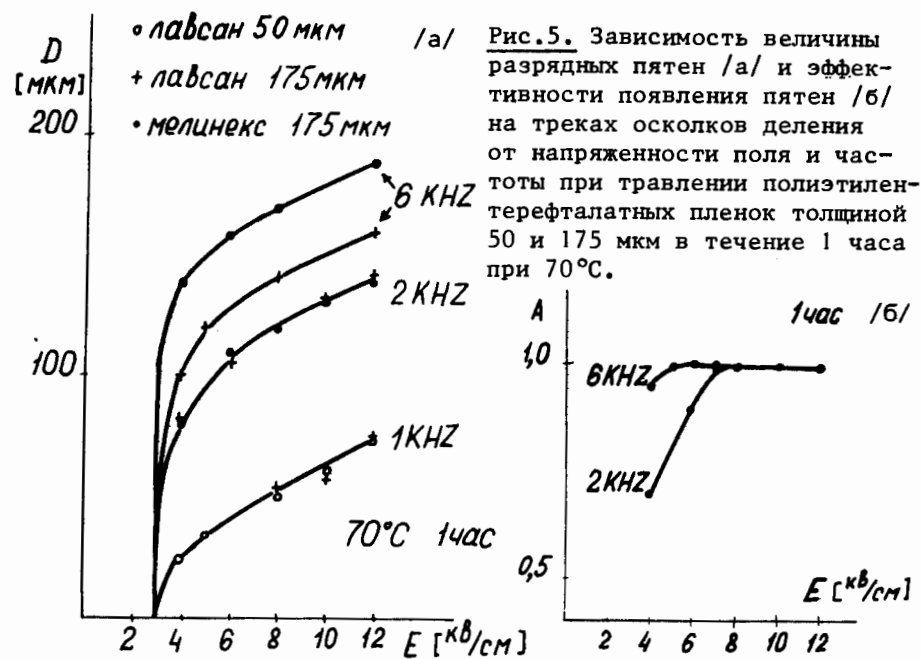


Рис. 5. Зависимость величины разрядных пятен /а/ и эффективности появления пятен /б/ на треках осколков деления от напряженности поля и частоты при травлении полиэтилентерефталатовых пленок толщиной 50 и 175 мкм в течение 1 часа при 70°C .

щиной 100 мкм. Однако испытания более толстого /175 мкм/ материала показали, что фон появляется при напряженностях поля ≥ 10 кВ/см /частота 2 кГц/. Минимальная величина напряженности, необходимая для образования пятна, составляет 3-4 кВ/см.

Увеличение напряженности поля более эффективно сказывается на величине разрядных пятен и их количестве /в геометрии 2π / при большей частоте поля /рис. 5/. Что касается частоты поля в исследуемом интервале /рис. 6/, то эффективность регистрации /А/ достигает максимума при 1 кГц, а разрядное пятно заметно растет только до частоты 4 кГц.

При обработке данных физического эксперимента необходимо знать геометрию вылета осколка деления из мишени. Поэтому при изучении параметров электрохимического травления обращалось внимание на сохранение формы трека, по которой можно определять угол входа в детектор. Так, например, травление в 30%-ном растворе KOH при 70°C , напряженности поля 10 кВ/см и частоте 2-4 кГц дает разрядные пятна до 100 мкм с хорошо выделенным треком осколка.

Снижая напряженность поля до 8 кВ/см при частоте 2 кГц, удалось избавиться от фона треков ядер отдачи, возникающих при облучении детектора быстрыми нейтронами.

Для изучения зависимости размера пятна и эффективности его образования от энергии осколка детекторы облучались перпенди-

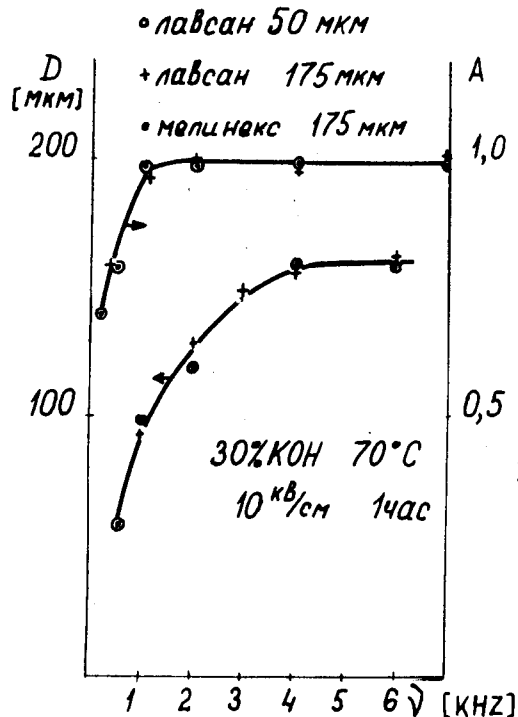


Рис.6. Влияние частоты поля на величину разрядных пятен.

кулярно их поверхности в вакууме через поглотители из поликарбоната и на воздухе на разном расстоянии от мишени. Оказалось, что на треках осколков деления с энергией ~10 МэВ можно получать разрядные пятна в 10-30 мкм в течение часа при частоте поля 2 кГц, напряженности 10 кВ/см и температуре 70°C 30%-ного раствора KOH. При увеличении энергии размер пятна растет и достигает максимума при 30 МэВ. Энергия рассчитывалась для усредненного пробега тяжелого и легкого осколков по таблицам Нортклиффа^{16/} и Фулмера^{17/}.

Средняя величина пятна при увеличении угла входа оскол-

ка деления в пленку от 0 до 90° растет. Изменение угла проводилось при облучении выпуклой цилиндрической поверхности лавсана параллельным пучком осколков деления в вакууме. Пятна образуются, если угол превышает 12°, что соответствует примерно 75%-ной регистрации всех осколков деления ядер, вылетающих из мишени толщиной, не превышающей 1 мг/см², в геометрии 2π.

Микрофотографии образования разрядных пятен на треках осколков деления, входящих в детектор под углами 12-15°, показаны на рис.7. Влияние температуры отжига детекторов после облучения их осколками на образование пятен представлено на рис.8. Отжиг в течение часа при температуре выше 100°C уменьшает размер пятна. После нагревания детекторов при 200°C на конце протравленных треков видны только короткие /5-10 мкм/ редкие ветви разряда. В этом случае, по-видимому, нагревание оказывает действие только на разрушенный ионами полимер, так как отжиг детектора до облучения осколками не меняет размера пятна по сравнению с контрольными образцами. Эффективность образования разрядов уменьшается до 60% при выдерживании детектора в течение часа при температуре 200°C.

Облучение ультрафиолетовым светом с длиной волн 3200-4200 Å и интенсивностью 3·10¹⁵ кВ/см² в течение времени от 30 мин до

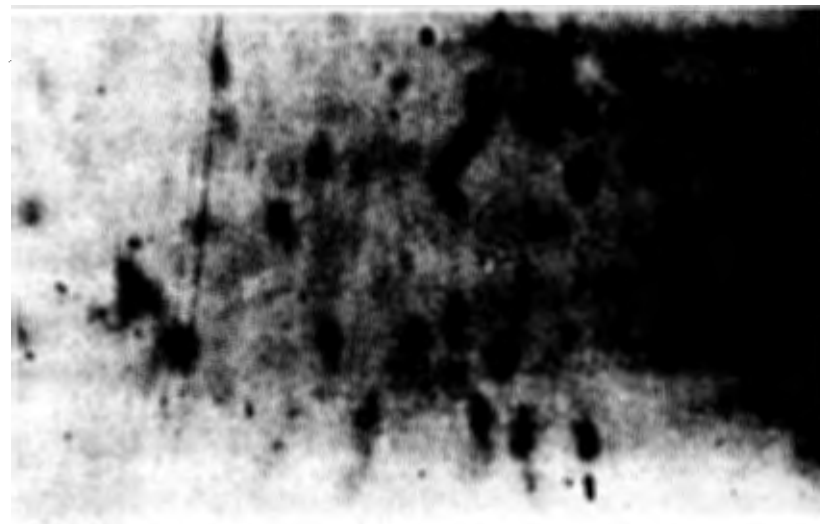


Рис.7. Микрофотография образования разрядных пятен на треках осколков деления ²⁴⁴Cm, входящих в детектор под углом 12-15°. Травление лавсановой пленки толщиной 50 мкм при 70°C в течение 1 часа. Частота и напряженность поля равны соответственно 1 кГц и 10 кВ/см.

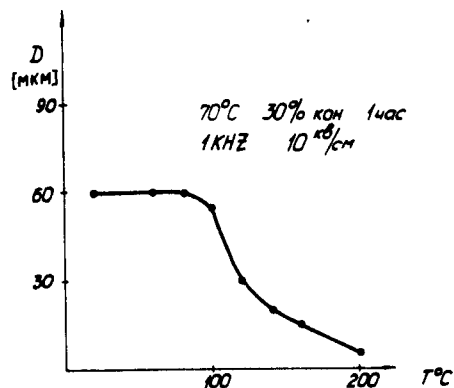


Рис.8. Влияние отжига, облученного осколками деления детектора на величину разрядных пятен.

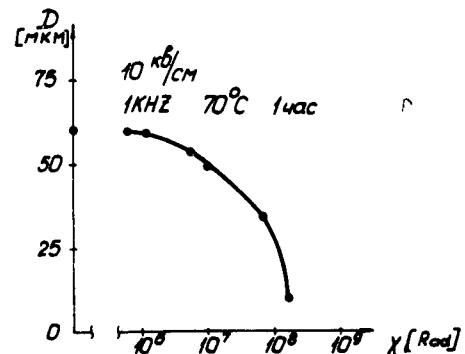


Рис.9. Зависимость величины разрядных пятен от дозы гамма-облучения.

3 ч. до и после облучения их осколками деления не оказало влияния на процесс электрохимического травления и размеры пятен.

Уменьшение размеров пятен наблюдалось в случае γ -облучения детектора/при дозе более 10^6 рад/, что, возможно, связано с изменением структуры полимера. Особенно заметным эффект становится при дозе более $5 \cdot 10^7$ рад, что соответствует возрастанию поглощения света полимером, как показано в работе ^{/8/}. Уменьшение размеров пятен наблюдалось независимо от того, подвергался γ -облучению детектор, уже облученный осколками деления, либо для их регистрации использовался детектор, подвергавшийся γ -облучению. Дополнительные γ - или ультрафиолетовое облучения не привели к появлению фоновых треков.

ВЫВОДЫ

Электрохимическое травление полиэтилентерефталатных детекторов значительно увеличивает размеры треков осколков деления ядер /до 500 мкм/, что способствует ускорению и упрощению процесса наблюдения.

Эффективность регистрации актов деления остается достаточно высокой /75%/.

Ввиду того, что образование разрядных пятен зависит от энергии осколков деления /пробега и скорости травления вдоль трека/, удастся проводить дискриминацию эффекта от фоновых явлений. При использовании методики электрохимического травления необходимо учитывать, что высокая температура и гамма-излучение в течение физического эксперимента снижают размер пятен и эффективность их появления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Tommasino L., Armeline C. Rad.Eff., 1973, 20, p.253-255.
2. Somogyi G. Rad.Eff., 1977, 34, p.51-56.
3. Hassib G., Tyun J., Dutrannois I. Nucl.Instr. and Meth., 1977, 147, p.163.
4. Hassib G., Piech E. Nucl.Instr. and Meth., 1978, 154, p.377.
5. Апель П.Ю., Третьякова С.П. ОИЯИ, 13-11611, Дубна, 1978.
6. Northcliffe L., Schilling R. Nuclear Data Tables, 1970, A7, p.233.
7. Fulmer C. Phys.Rev., 1957, 108, p.1113.
8. Третьякова С.П., Мамонова Т.И. АЭ, 1979, т.47, з.261-262.

Рукопись поступила в издательский отдел
29 декабря 1980 года.