

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



18/ix-78

T-666
4081/2-78

14 - 11439

С.П.Третьякова, Т.И.Мамонова

ВЛИЯНИЕ γ -ЛУЧЕЙ
НА ДЕТЕКТИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА
ЛАВСАНОВОЙ ПЛЕНКИ

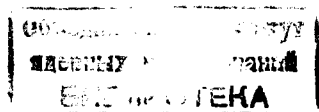
1978

14 - 11439

С.П.Третьякова, Т.И.Мамонова

**ВЛИЯНИЕ γ -ЛУЧЕЙ
НА ДЕТЕКТИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА
ЛАВСАНОВОЙ ПЛЕНКИ**

Направлено в АЭ



Третьякова С.П., Мамонова Т.И.

14 - 11439

Влияние γ -лучей на детектирующие свойства лавсановой пленки

Исследовано влияние γ -лучей на свойства лавсановой пленки, облученной тяжелыми ионами. Изучение избирательности процесса травления лавсана после облучения показало различную чувствительность к действию γ -лучей (при облучении на воздухе) полимера, не облученного ионами и разрушенного в районе следа (трека). Облучение в вакууме ($\sim 10^{-3}$ Тор) не влияет на избирательность процесса. Для усиления следов ионов с помощью γ -излучения целесообразно проводить облучение на воздухе.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

Регистрационные свойства полиэтилентерефталата /лавсана/ по отношению к тяжелым заряженным частицам позволяют использовать его как детектор в физических и космических экспериментах, а также для получения ядерных фильтров^{/1/}.

Важными факторами, определяющими детектирующие свойства материала, являются: избирательность процесса травления - различие в скоростях травления разрушенного радиацией вещества вдоль траектории частицы и необлученного полимера ($V_{\text{ТР}} / V_{\text{ПЛ}}$), а также порог регистрации. Изменить их можно, подвергая пленку, после облучения ее ионами, воздействию какого-либо электромагнитного излучения, например ультрафиолетового света, γ -лучей или электронов^{/2/}.

Наибольшей проникающей способностью обладает γ -излучение, в связи с чем представляется возможным одновременно воздействовать на большую толщину облученного ионами вещества. Изучение влияния γ -лучей на детектирующие свойства лавсановой пленки отечественного производства в различных условиях облучения явилось предметом настоящей работы.

С этой целью пленка толщиной 10 и 50 мк облучалась ионами ксенона и аргона потоком $10^5 - 10^8$ ионов/см² на циклотроне У-300 Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ /Дубна/. Энергия ионов ксенона составляла 0,75 МэВ/нукл., аргона - 5,6÷7,6 МэВ/нукл.; удельные потери энергии при этом были 80 и 15÷12,5 МэВ·см²/мг соответственно. Уменьшение энергии проводилось с помощью алюминиевых фольг. Облучение под углами 30,45 и 90° позволяло изучать не только скорости травления, но и форму каналов следов ионов.

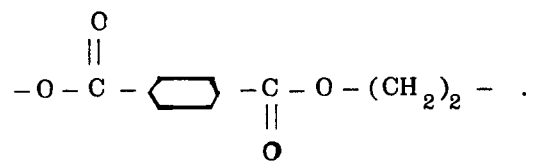
Облученные ионами образцы пленок делились на три части: первая и вторая экспонировались γ -лучами дозой от $5,0 \cdot 10^3$ до $2,0 \cdot 10^8$ рад на воздухе и в вакууме $/10^{-3} \div 10^{-4}$ Тор/, а третья часть являлась контрольной по отношению к двум первым.

Подобные эксперименты были проведены с лавсаном, не облученным ионами, для определения степени воздействия γ -радиации на полимер в пределах указанных доз.

В ходе экспериментов снимались спектрометрические характеристики, изучалась кинетика и избирательность травления на облученных образцах.

Экспонирование γ -лучами проводилось на установке "Свет" от источника ^{137}Cs мощностью $7 \cdot 10^6$ рад/сутки.

Лавсан представляет собой линейный эфир терефталевой кислоты



Согласно строению молекулы этот полимер должен быть радиационно-устойчивым, хотя наличие четвертичных атомов углерода может объяснять деструкционные процессы, на которые есть указания в работах^{/3-5/}. Например, исследования характеристической вязкости растворов облученного γ -лучами лавсана показывают на уменьшение ее с ростом дозы облучения, хотя ход кривых, полученных разными авторами, отличается между собой довольно значительно.

В данной работе также была сделана попытка получить зависимость характеристической вязкости от дозы и условий облучения, однако в пределах чувствительности метода не удалось заметить изменения в диапазоне доз 40-200 мрад.

Изучение спектральных характеристик лавсана, облученного различными дозами γ -лучей на воздухе и в вакууме, проводилось с помощью ультрафиолетовых спектрометров МГУ "Спекорд" и "Саргу-15". Результаты измерений представлены на рис. 1 и 2.

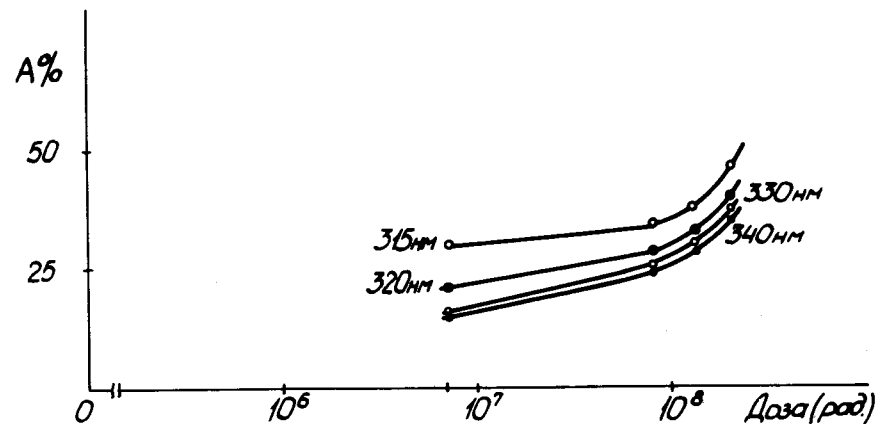


Рис. 1. Изменение оптического поглощения лавсановой пленки как функция дозы γ -излучения.

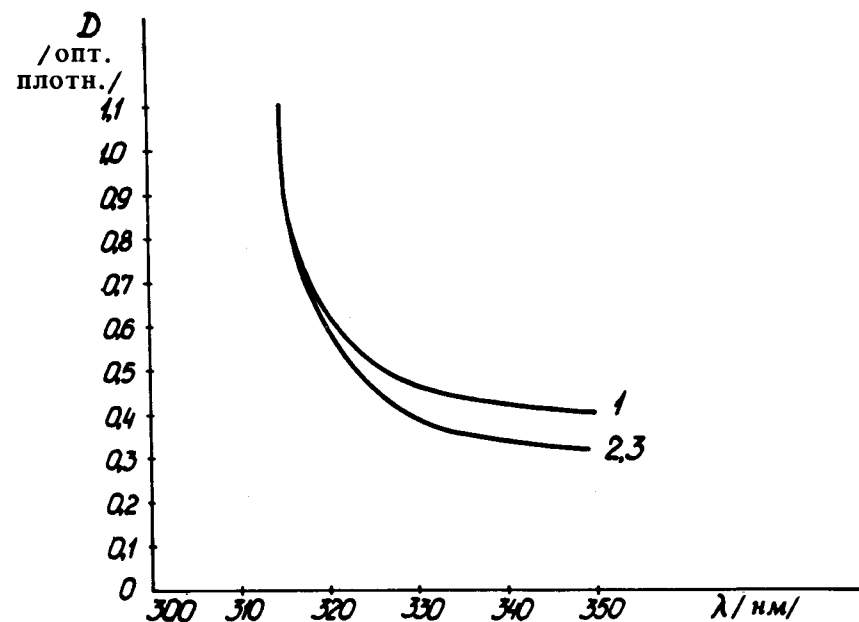


Рис. 2. Изменение оптической плотности поглощения лавсановой пленки от дозы γ -излучения при облучении на воздухе /1/ и в вакууме /2/. Кривая /3/ относится к контрольному образцу.

Из рис. 1 видно, что при γ -облучении лавсановая пленка увеличивает поглощение волн в районе 315-360 нм по мере увеличения дозы облучения, что может свидетельствовать в пользу деструкционных процессов, проходящих в самом полимере. Причем, значительный рост наблюдается при дозах $\geq 10^8$ рад. При облучении пленки в вакууме дозой $5 \cdot 10^7$ рад не наблюдается изменений в спектре по сравнению с контрольным образцом, в то время как облученные той же дозой на воздухе пленки показывают повышенное поглощение света /рис. 2/, что указывает на положительную роль кислорода в момент γ -облучения. Этот вывод подтверждается результатами по изучению зависимости скоростей травления самого полимера от дозы γ -облучения, проведенного на воздухе и в вакууме.

Скорость травления канала следа /по диаметру/ иона ксенона, входящего в полимер под углом 90° , в зависимости от дозы γ -облучения представлена на рис. 3.

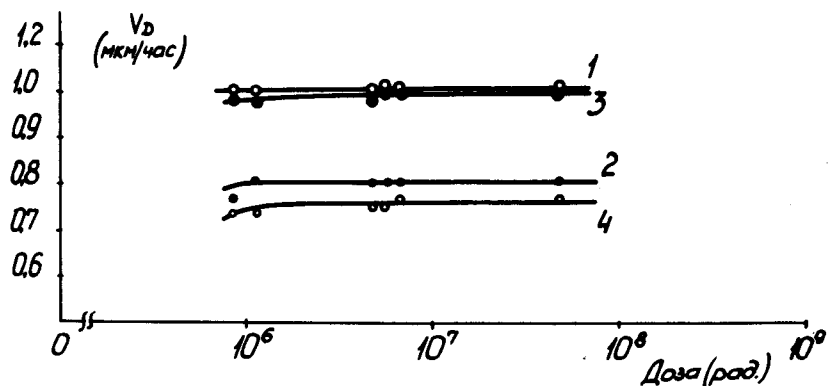
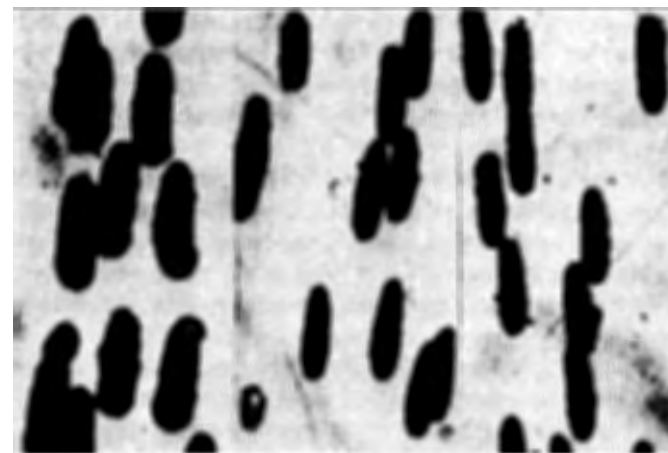


Рис. 3. Зависимость скорости травления сквозного канала следа иона ксенона от дозы γ -излучения на воздухе /1,3/ и в вакууме /2,4/. Кривые 3 и 4 относятся к пленкам, которые после облучения γ -лучами до травления хранились на воздухе в течение 13 суток.

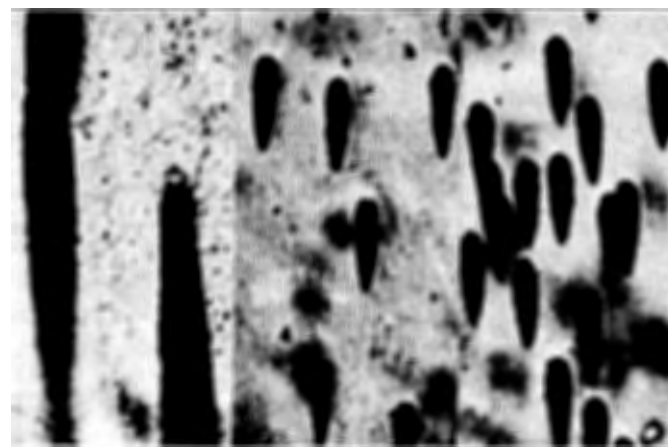
Кривые 1 и 3 относятся к образцам, которые облучались на воздухе, а 2 и 4 - в вакууме. После облучения половина образцов была протравлена немедленно /кривые 1

и 2/, а остальные - только через 13 суток хранения их на воздухе /кривые 3 и 4/.

На рис. 4 показаны микрофотографии следов ионов



Xe



Ar

Рис. 4. Микрофотографии следов ксенона и аргона в лавсановых пленках, облученных γ -лучами дозой $6,7 \cdot 10^7$ рад на воздухе /а/, в вакууме /б/ и контрольных /в/. Травление проводилось в 20%-ном растворе NaOH при 20°C в течение 24 часов.

ксенона и аргона, входящих в пленку под углом 30° к поверхности. Облучение γ -лучами дозой $6,7 \cdot 10^7$ рад проводилось на воздухе /а/ и в вакууме /б/. Для сравнения показаны контрольные образцы /в/.

Из представленных рисунков можно видеть, что присутствие кислорода эффективно сказывается на деструкции полимера только во время облучения γ -лучами. Поэтому изучение избирательности травления следов ионов проводилось только при облучении γ -лучами на воздухе.

Результаты по изучению скорости травления вдоль трека, скорости травления полимера и избирательности процесса травления в зависимости от дозы γ -облучения представлены на рис. 5-7. Скорость травления определялась по времени сквозного травления канала следа иона с помощью электролитического метода ^{6/}.

Из кривых можно видеть, что скорость травления пленки резко возрастает, начиная с дозы γ -излучения порядка 10^8 рад /рис. 7/, в то время как скорость травления вдоль следа заметно увеличивается уже при дозе $5 \div 6 \cdot 10^5$ рад /рис. 5,6/. Надо отметить, что этот результат хорошо согласуется со спектральными данными, представленными на рис. 1, где резкий подъем поглощения соответствует дозе $\sim 10^8$ рад. Ввиду более высокой чувствительности к деструкции γ -лучами разрушенного ранее ионами полимера по сравнению с первоначальной избирательность процесса травления растет с увеличением дозы, начиная с $5 \div 6 \cdot 10^5$ рад /рис. 5,6/. Интересно отметить, что кривая зависимости скорости травления вдоль следа от дозы γ -излучения имеет район насыщения, причем величина дозы, при которой рост скорости прекращается, зависит от типа иона и его энергии. Это явление, вероятно, можно объяснить степенью деструкции полимера в районе следа, и поэтому для ионов ксенона предел насыщения и максимум на кривой избирательности наступает при дозе γ -лучей $(4 \div 5) \cdot 10^6$ рад, а для ионов аргона - $(2 \div 4) \cdot 10^7$ рад.

В связи с тем, что избирательность процесса травления сказывается на форме и величине канала следа при длительном травлении, интересно было проследить

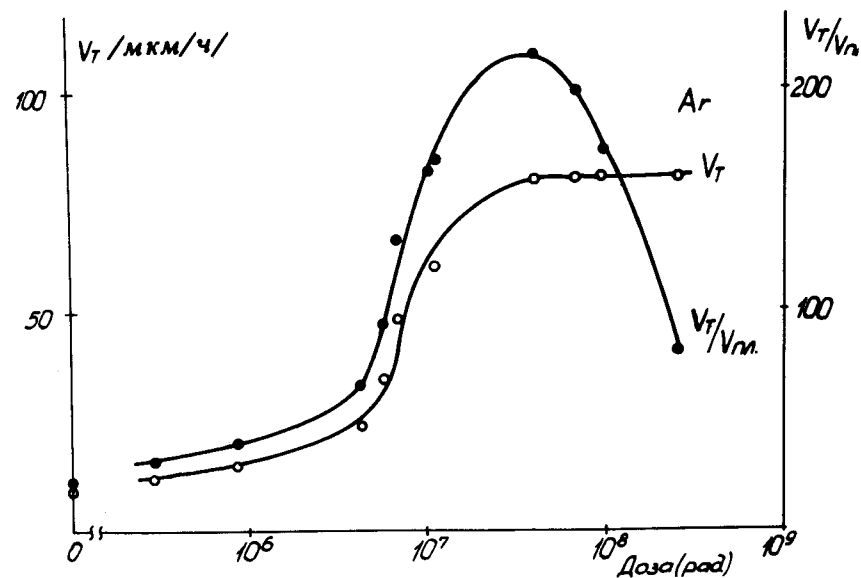


Рис. 5. Зависимость скорости и избирательности процесса травления следов ионов аргона от дозы γ -излучения в 20%-ном растворе щелочи при 50°C .

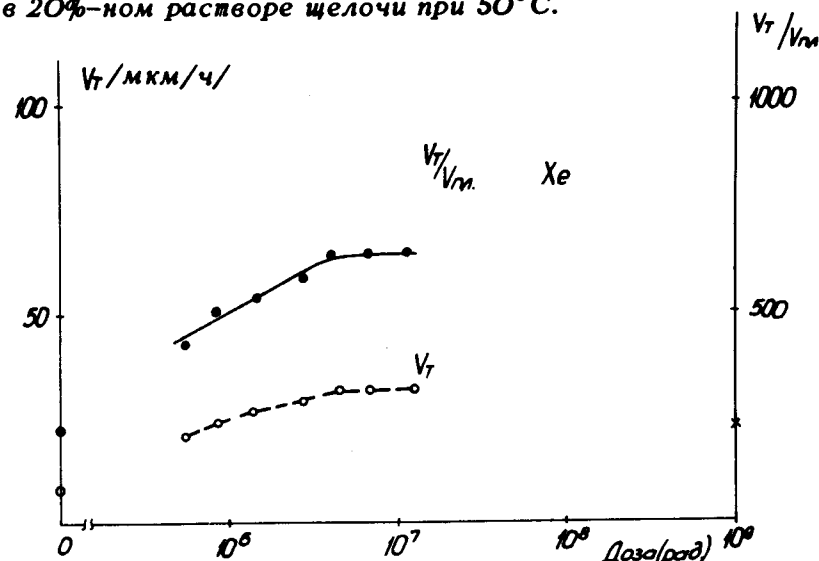


Рис. 6. Зависимость скорости и избирательности процесса травления следов ионов ксенона от дозы γ -излучения в 20%-ном растворе щелочи при 30°C .

изменение диаметра канала следа от дозы γ -излучения при травлении до сквозной поры. Измерение диаметров проводилось с помощью метода "пузырька"¹⁷, а форму канала наблюдали с помощью оптического микроскопа.

Таким образом, были получены кривые зависимости скорости травления каналов следов по диаметру (V_D) от дозы γ -лучей при облучении лавсана на воздухе. Резкое возрастание скорости травления треков при дозах $\sim 10^8$ рад для обоих видов ионов, очевидно, обусловлено деструкцией полимера /рис. 8/. Зависимость избирательности процесса травления от дозы более заметна для ионов аргона /рис. 5/, что, вероятно, сказывается и на ходе кривой скорости травления трека иона /рис. 8/.

Форму каналов следов ионов после длительного травления пленки можно видеть на микрофотографии, представленной на рис. 4. Для следов ионов аргона эффект усиления от действия γ -лучей больше по сравнению с контрольными, чем для ионов ксенона. Энергия аргона в данном опыте была 7,6 МэВ/нукл., а ксенона - 0,75 МэВ/нукл.

При сравнении эффектов от действия γ -лучей на пленку, предварительно облученную ионами аргона различной энергии, /рис. 9/ видно, что эти эффекты значительнее для ионов большей энергии. Вероятно, это связано с энергетическим распределением вторичных δ -электронов, возникающих при прохождении ионов через лавсан и каким-то образом с ним взаимодействующих. Область полимера, через которую прошли указанные электроны, при действии γ -излучения претерпевает дополнительное разрушение, и скорость процесса возрастает по сравнению с контрольным образцом.

На основании представленных результатов можно сделать вывод, что при облучении γ -лучами на воздухе 1/ скорость травления вдоль следов ионов аргона и ксенона возрастает при увеличении дозы γ -лучей до определенной величины. Изменение скорости травления и предельная доза γ -облучения для достижения постоянной величины $V_{тр}$ зависят от типа иона и его энергии;

2/ увеличение избирательности процесса травления до определенной дозы связано с различной чувстви-

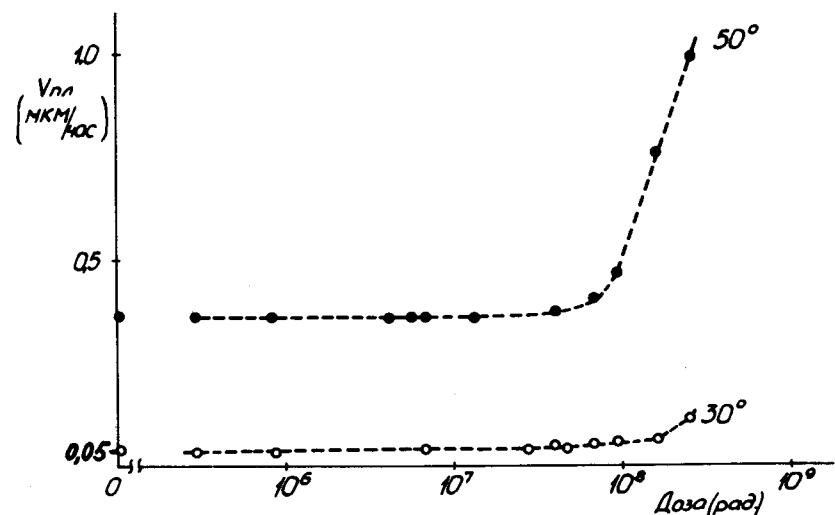


Рис. 7. Зависимость скорости травления лавсановой пленки от дозы γ -излучения при температурах травления 30° и 50° в 20%-ном растворе щелочи.

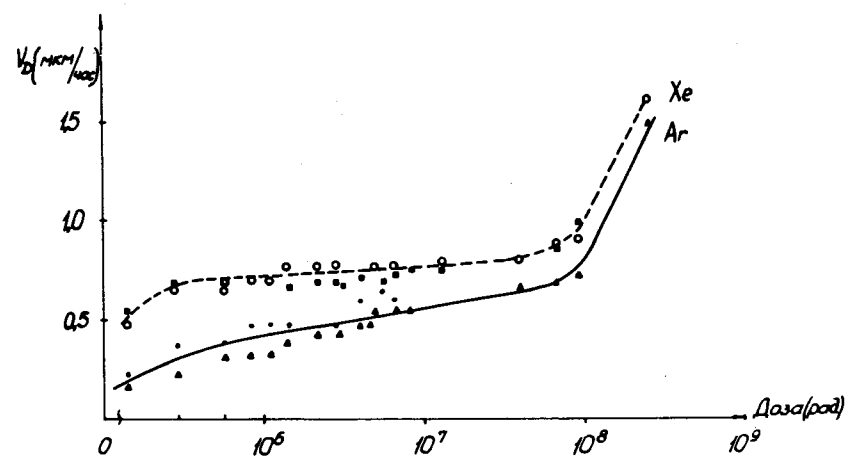
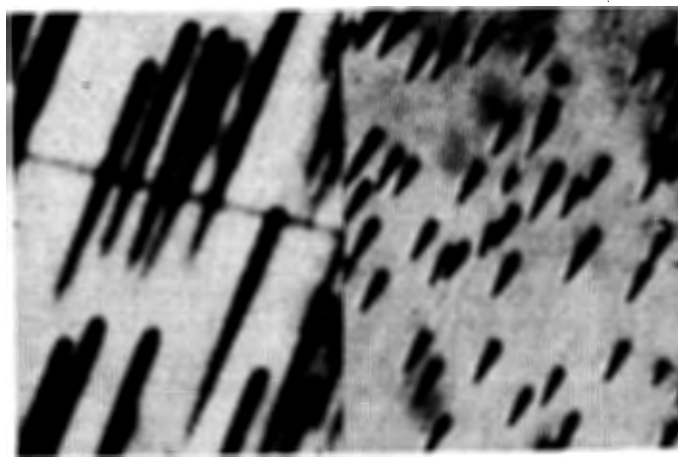


Рис. 8. Зависимость скорости травления канала следа иона аргона и ксенона от дозы γ -излучения в 20%-ном растворе щелочи при 50°C.



а/



б/

Рис. 9. Микрофотографии следов ионов аргона с энергией 5,6 МэВ/нукл. /а/ и 1,5 МэВ/нукл. /б/ в лавсановой пленке при дозе γ -излучения $6,7 \cdot 10^7$ рад и травлении в 20%-ном растворе щелочи при 20°C.

ностью к деструкции γ -лучами не облученного ионами полимера и разрушенного в районе следа; уменьшение избирательности при дозах $\geq 10^8$ рад объясняется резким ростом скорости травления полимера.

Облучение γ -лучами в вакууме $/10^{-3} - 10^{-4}$ Тор/ не изменяет избирательности процесса травления следов ионов, поэтому целесообразно использовать γ -облучение только в присутствии кислорода.

Авторы выражают признательность Г.Н.Флерову за постоянное внимание к работе и ценные советы, Ю.С.Замятину за полезные обсуждения, В.А.Щеголеву и Г.Н.Акапьеву за проведение облучений ионами, Л.И.Самойловой, В.А.Ширковой, П.Ю.Апелю за помощь в работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Fleischer R.L., Price P.B., Walker R.M. *Nuclear Tracks in Solids*. University of California Press, Berkeley, Los Angeles, London, 1975.
2. Акапьев Г.Н. и др. ОИЯИ, Б1-14-8214, Дубна, 1974.
3. Little K. *Nature*, 1954, 173, p.680; Todd A. *Nature*, 1954, 174, p.613.
4. Кро Б., Петршак М. *Химия высоких энергий*, 1970, т.4, №3, с.246.
5. Мошковский Н.С., Пасальский Б.К., Лаврентович Я.И. *Высокомолекулярные соединения /А/*, 1976, XVIII, №9, с.2011.
6. Strauford W. e.a. *Nature*, 1968, v.220, p.1313.
7. Григоров О.Н., Козьмина З.П., Маркович А.В. *Электрокинетические свойства капиллярных систем*. Изд-во АН СССР, М., 1956, с.30.

Рукопись поступила в издательский отдел
12 мая 1978 года.