

УДК 535.1.074

## Действие гамма-излучения на детектирующие свойства лавсановой пленки

ТРЕГЬЯКОВА С. П., МАМОНОВА Т. И.

Возможность регистрации тяжелых заряженных частиц с помощью полиэтилентерефталата (лавсана) позволяет использовать его как детектор в физических и космических экспериментах, а также для получения ядерных фильтров [1]. Детектирующие свойства можно менять, используя после облучения ионами различного вида электромагнитное излучение [2, 3]. В настоящей работе изучалось действие  $\gamma$ -квантов на свойства лавсановой пленки отечественного производства в различных условиях облучения. Пленку толщиной 10 и 50 мкм облучали ионами ксенона и аргона потоком  $10^5$ — $10^8$  ион/см<sup>2</sup> на циклотроне У-300 Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ. Энергия ионов ксенона и аргона составляла 0,75 и 1,5—7,6 МэВ/нуклон, удельные потери энергии 80 и 26,0—12,5 МэВ·см<sup>2</sup>/мг соответственно. Облучение под углом 30, 45 и 90° позволяло изучать не только скорости травления разрушенного ионами полимера, но и форму каналов следов частиц. Экспонирование  $\gamma$ -квантами проводилось от источника <sup>137</sup>Cs дозой от  $5 \cdot 10^3$  до  $2 \cdot 10^8$  рад. Облученные ионами и необлученные образцы пленок были разделены на три части: первая и вторая экспонировались  $\gamma$ -квантами на воздухе и в вакууме ( $10^{-3}$ — $10^{-4}$  мм рт. ст.), третья не подвергалась  $\gamma$ -излучению. Снимались спектрометрические характеристики, изучалась кинетика и избирательность процесса травления образцов пленки.

Изучение спектральных характеристик лавсана показало, что лавсановая пленка, облученная  $\gamma$ -квантами в присутствии воздуха, увеличивает поглощение света в диапазоне длины волн 3150—3400 Å, причем значительный рост наблюдается при дозах более  $10^8$  рад. Облучение пленки в вакууме не вносит изменений в спектр поглощения. Участие кислорода в разрушении полимера под действием  $\gamma$ -квантов подтверждается результатами экспериментов по изучению травления каналов следов ионов. Было установлено, что скорость травления канала следа (по диаметру) иона ксенона, входящего в пленку под углом 90°, при облучении  $\gamma$ -квантами на воздухе в 1,3—1,4 раза больше, чем в вакууме. На рис. 1 представлены микрофотографии следов ксенона и аргона, входящих в пленку под углом 30° к поверхности. Видно, что облучение  $\gamma$ -квантами эффективно лишь в присутствии кислорода, поэтому изучение избирательности травления следов ионов проводилось при облучении на воздухе.

Результаты изучения скорости травления вдоль следа  $V_{сл}$ , скорости травления необлученной пленки  $V_{пл}$  и избирательности процесса травления  $V_{сл}/V_{пл}$  в зависимости от дозы  $\gamma$ -излучения представлены на рис. 2. Скорость травления вдоль следа определялась по времени сквозного травления канала следа иона электролитическим методом [4]. Было установлено, что скорость травления необлученной пленки возрастает при дозах более  $10^8$  рад, что хорошо согласуется со спектральными данными. Скорость травления полимера следа заметно увеличивается уже при дозе  $5 \cdot 10^5$  рад, поэтому избирательность процесса также растет. Это свидетельствует о более высокой чув-

ствительности к разрушению  $\gamma$ -квантами разрушенного ионами полимера. Интересно отметить, что рост скорости травления полимера следа иона прекращается при определенной дозе. Она зависит от типа иона и его энергии. Этот факт, вероятно, можно объяснить степенью разрушения полимера в районе следа. Максимальное значение скорости травления и избирательности процесса достигается для ионов ксенона при дозе  $\gamma$ -излучения порядка  $5 \cdot 10^6$  рад, а для ионов аргона —  $4 \cdot 10^7$  рад. Энергия первого иона 0,75; второго — 5,6 МэВ/нуклон.

При исследовании эффекта усиления  $\gamma$ -излучением следов ионов аргона с энергией 1,5 и 5,6 МэВ/нуклон в лавсане было установлено, что он значительно больше для ионов большей энергии. Вероятно, это связано с энерге-

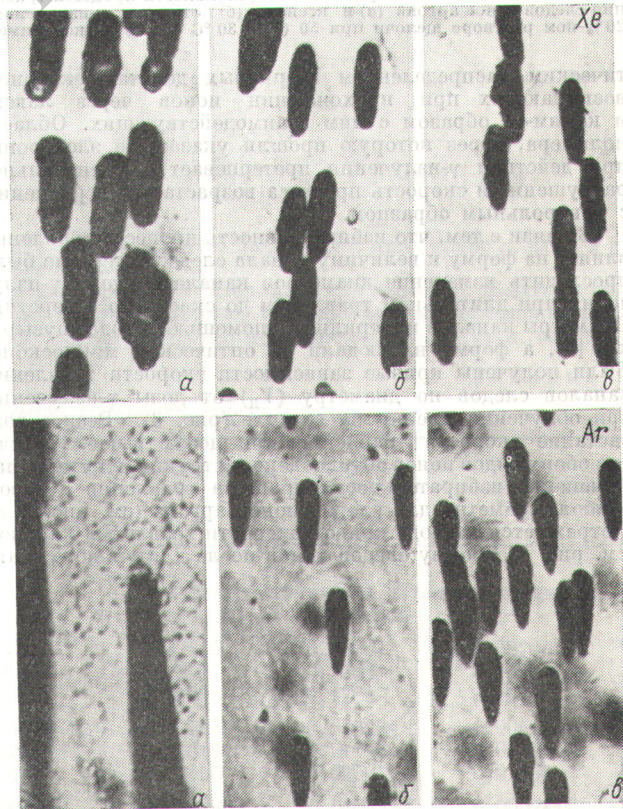
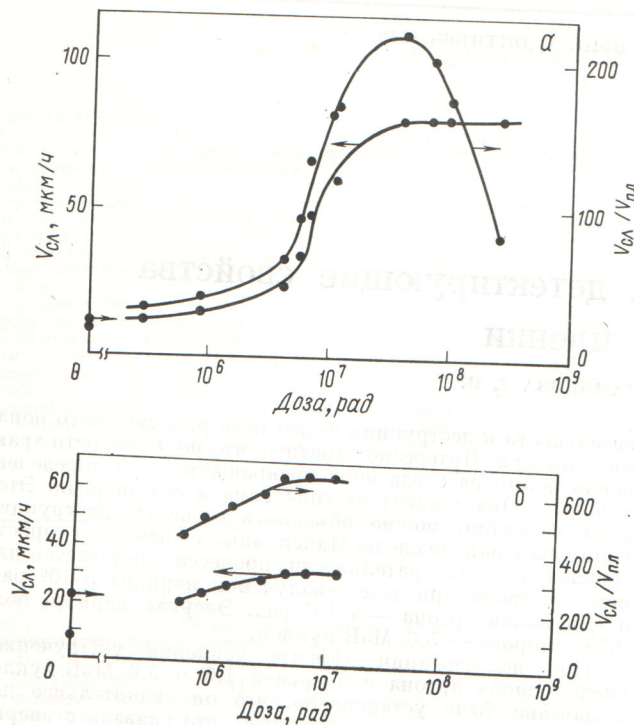


Рис. 1. Микрофотографии следов ксенона и аргона в лавсановых пленках, облученных  $\gamma$ -квантами (доза  $6,7 \cdot 10^7$  рад) на воздухе (а), в вакууме (б) и в контрольных пленках (в). Травление проводилось в 20%-ном растворе NaOH при 20 °C в течение 24 ч ( $\times 1000$ )

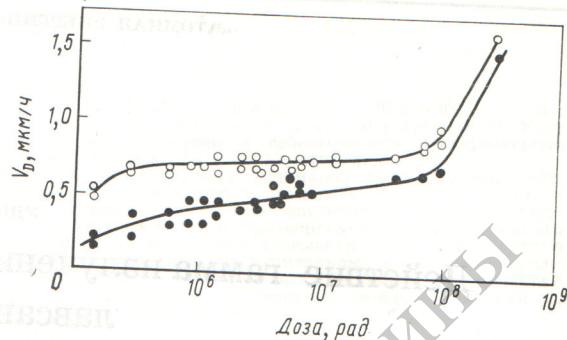




Р и с. 2. Зависимость скорости и избирательности процесса травления следов ионов аргона (а) и ксенона (б) от дозы  $\gamma$ -излучения в 20%-ном растворе щелочи при 50 (а) и 30 °С (б): ● — эксперимент

тическим распределением вторичных дельта-электронов, возникающих при прохождении ионов через лавсан и каким-то образом с ним взаимодействующих. Область полимера, через которую прошли указанные электроны, при действии  $\gamma$ -излучения претерпевает дополнительное разрушение и скорость процесса возрастает по сравнению с контрольным образцом.

В связи с тем, что избирательность процесса травления влияет на форму и величину канала следа, интересно было проследить изменение диаметров канала от дозы  $\gamma$ -излучения при длительном травлении до сквозного отверстия. Диаметры каналов измерялись с помощью метода «пузырька» [4], а форму наблюдали на оптическом микроскопе. Были получены кривые зависимости скорости травления каналов следов по диаметру ( $V_d$ ) от дозы  $\gamma$ -излучения при облучении пленки на воздухе (рис. 3). Резкое возрастание скорости травления при дозах выше  $10^8$  рад для обоих видов ионов обусловлено деструкцией материала. Изменение избирательности процесса травления с дозой наиболее заметно для следов ионов аргона (см. рис. 2, а) и отражается на ходе кривой скорости травления каналов (см. рис. 3). Форму следов ионов после длительного трав-



Р и с. 3. Зависимость скорости травления канала следа иона аргона (●) и ксенона (○) от дозы  $\gamma$ -излучения в 20%-ном растворе щелочи при 50 °С

ления пленки можно видеть на рис. 1. Для ионов аргона эффект усиления от действия  $\gamma$ -излучения больше по сравнению с контрольными пленками, чем для ионов ксенона. Энергия ионов аргона в данном опыте 7,6, а ксенона 0,75 МэВ/пуклон.

На основании представленных результатов можно сделать вывод, что при облучении на воздухе  $\gamma$ -квантами определенной дозы растут скорость травления полимера вдоль следа иона и избирательность процесса. Это связано с различной чувствительностью к действию  $\gamma$ -излучения необлученного полимера и разрушенного ионизацией в районе следа иона. Уменьшение избирательности при дозах более  $10^8$  рад объясняется резким ростом скорости травления необлученного полимера. Облучение в вакууме не влияет на скорость травления полимера и избирательность процесса, поэтому для усиления травимости полимера следа иона целесообразно использовать  $\gamma$ -излучение 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. Апелью за помощь в работе.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Fleischer R., Price P., Walker R. Nuclear Tracks in Solid. University of California Press Berkeley. Los Angeles, London, 1975.
2. Акапьев Г. Н. и др. Сообщение ОИЯИ Б-1-14-8214. Дубна, 1974.
3. Crauford W. e.a. «Nature», 1968, v. 220, p. 1313.
4. Григоров О. Н., Козьмина З. П., Маркович А. В. Электрокинетические свойства капиллярных систем, М., Изд-во АН СССР, 1965, с. 30.

Поступило в Редакцию 29.05.78  
В окончательной редакции 18.06.79