

T-666

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

3987/2-76

"/x-76



12 - 9526

С.П.Третьякова, Г.Н.Акапьев, В.С.Барашенков,
Л.И.Самойлова, В.А.Щеголев

ПРИМЕНЕНИЕ ИОНОВ АРГОНА
ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЯДЕРНЫХ ФИЛЬТРОВ

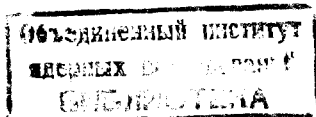
1976

12 - 9526

С.П.Третьякова, Г.Н.Акапьев, В.С.Барашенков,
Л.И.Самойлова, В.А.Щеголев

ПРИМЕНЕНИЕ ИОНОВ АРГОНА
ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЯДЕРНЫХ ФИЛЬТРОВ

Направлено в АЭ



В настоящее время для изготовления ядерных фильтров из полимерных материалов используются тяжелые заряженные частицы - осколки деления ядер урана, юрия, калифорния или ускоренные ионы ксенона^{/1, 2/}, создающие большие радиационные повреждения в облучаемом материале. Энергия этих частиц варьируется в диапазоне приблизительно 0,5-1 МэВ/нукл. и соответствует пробегу в пластических материалах типа лавсана или поликарбоната, равному 10±20 мкм/см. *рис. 1/*.

Представляет большой практический интерес рассмотреть возможность использования более легких ионов, в частности ионов аргона, пучки которых могут быть получены не только на циклотроне У-300, но и на других ускорителях. Энергия ускоренных на циклотроне У-300 ионов аргона может достигать около 5 МэВ/нукл., что соответствует пробегам в пластических материалах 70 мкм - значительно большим, чем для ионов ксенона, энергия которых не превышает 1 МэВ/нуклон/см. *рис. 1/*.

Целью данной работы является изучение возможностей использования для изготовления ядерных фильтров пучка ионов аргона.

В основе процесса изготовления ядерных фильтров лежит избирательное травление деструктированного заряженными частицами полимера, которое зависит от степени деструкции и диаметра деструктированного канала^{/2/}. Для каждого полимерного материала существует некоторая минимальная/пороговая/ величина удельных потерь энергии, достаточная уже для того, чтобы стало возможным такое избирательное травление^{/2, 3/}. Для лавсана эта величина составляет около 3,0 - 3,5 эВ.см²/мг, что значительно ниже удельных потерь энергии для ионов аргона в интервале их кинетических энергий $E \leq 5$ МэВ/нуклон.

Диаметр вытравливаемого в пластическом материале сквозного канала ^{/4/}

$$D(t) = D_0(1 - e^{-a(t_0-t)}) + b(t_0 - t),$$

где t - время травления; a, b, t_0, D_0 - определяемые из опыта коэффициенты. Для диаметров $D \geq 0,1$ мкм, как правило, основную роль играет лишь последний член этого выражения и величина D в хорошем приближении оказывается пропорциональной времени травления ^{/5/}.

$$D(t) = 2Vt,$$

где V - скорость травления пластика. При изготовлении фильтров с порами $D \leq 0,1$ мкм требуется уже более тщательный учет эффектов, зависящих от толщины пленки, от начальной плотности и диаметра радиационных повреждений канала. Зависимость от типа иона в этом случае становится значительно более существенной.

Мы сейчас ограничимся диаметрами $D \geq 0,1$ мкм.

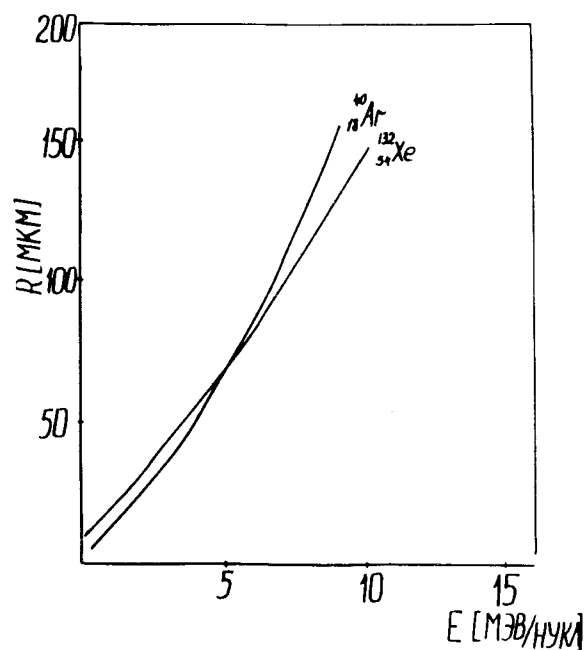


Рис. 1. Кривая зависимости пробега ионов аргона и ксенона в лавсане от их энергии.

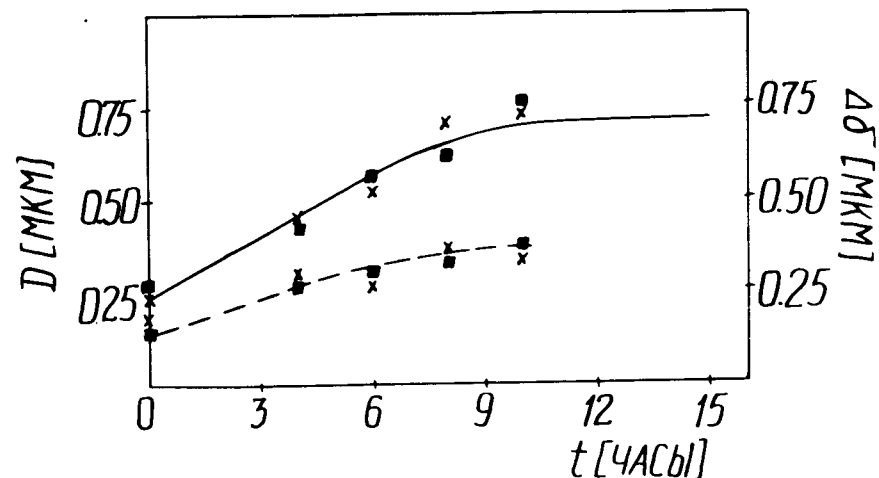


Рис. 2. Зависимость диаметра пор и изменения толщины лавсановой пленки от продолжительности облучения ультрафиолетовым светом. Значки * - данные измерения диаметра пор /левая шкала/, значки ■ - измерения уменьшения толщины пленки /правая шкала/. Сплошная и пунктирная кривые относятся соответственно к времени травления 49 и 26 мин.

Изучение зависимости скорости травления полимера вдоль трека от энергии иона, выполненное для макрофоль ^{/4/}, показало, что при увеличении удельных потерь энергии dE/dx эта скорость сначала возрастает, а затем остается постоянной. Лавсан представляет собой соединение того же класса, что и макрофоль, свойства этих пластиков довольно близки между собой, поэтому можно ожидать такой же зависимости скорости травления от dE/dx и для лавсана. Поскольку для увеличения деструкции полимера используется дополнительное облучение ультрафиолетовым светом, важно изучить эту зависимость именно при этом условии *.

* Дополнительное облучение ультрафиолетовым светом облученной ионами пленки не только увеличивает скорость травления вдоль траектории иона, но позволяет также получить правильную цилиндрическую форму фильтрующих каналов ^{/2/}.

Для этого были использованы ионы аргона из циклотрона У-300, энергия которых снижалась с помощью алюминиевых фольг соответствующей толщины /см. табл. 1/. Фильтры изготавливались из лавсановой пленки толщиной $\ell = 12$ мкм. Время облучения ультрафиолетом варьировалось от четырех до пятнадцати часов. Все условия были такими же, как для пленок, облученных ионами ксенона /2/.

Таблица 1

Толщина алю- миниевого поглотителя, мкм	Энергия ионов Ar, МэВ/нуклон	Удельные потери энергии ионов Ar в лавсане, МэВ·см /мг	Пробег ионов Ar в лавсане, мкм
0	5,0	16,0	70
18	3,4	19,5	44
27	2,3	22,0	29
36	1,3	27,2	16
40,5	0,7	29,7	11

После облучения ультрафиолетом лавсановая пленка протравливалась в 20%-ном растворе NaOH при температуре $50 \pm 1^\circ\text{C}$ до различных диаметров пор. Для этого использовались установки и методика, описанные в работе /2/ и применяющиеся для обработки облученных ксеноном пленок.

Результаты опыта для постоянного значения $dE/dx = 27,2$ МэВ см²/мг представлены на рис. 2. Значения D измерялись газодинамическим методом /2/. Для образцов, полученных при 10-часовом облучении, были выполнены также контрольные измерения с помощью электронного микроскопа. Оба метода измерения диаметров пор дали близкие значения D.



Рис. 3. Электронная микрофотография поперечного среза ядерного фильтра с диаметром пор 0,952 мкм. Увеличение - в 10500 раз.

Из рис. 2 видно, что зависимость диаметра пор от дозы ультрафиолета выходит на плато приблизительно при 8-часовом облучении, т.е. требуемая доза ультрафио-

летнего облучения оказывается вдвое большей, чем в случае использования ионов ксенона ^{12/}.

На рис. 3 показана полученная с помощью электронного микроскопа фотография сечения каналов ядерного фильтра /эта фотография сделана Б.В.Мчедlishvili/. Хорошо видна их цилиндрическая форма. Уходящее за плоскость среза изображение канала объясняется тем, что бомбардировавшие пленку ионы аргона входили в нее под углом, несколько отличающимся от прямого.

Для отработки методики травления важно проследить влияние удельных потерь энергии ионами аргона на скорость травления пор при различных дозах ультрафиолетового облучения. Такая зависимость представлена на рис. 4 для трех различных времен травления. Травление проводилось в 20%-ном растворе NaOH при 50° С.

Из кривых рис. 4 видно, что при данных дозах ультрафиолетового облучения скорость травления каналов

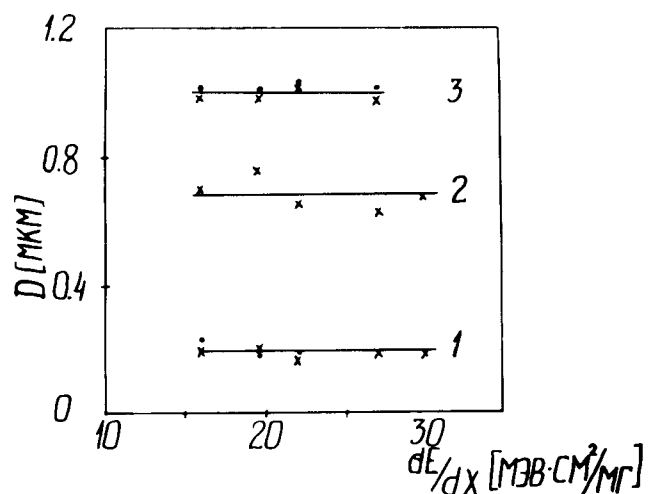


Рис. 4. Зависимость диаметра пор фильтра от удельных потерь энергии ионов аргона при различной продолжительности ультрафиолетового облучения и различном времени травления. Значками * и O нанесены соответственно данные для 6- и 10- часового облучения ультрафиолетом. Кривые 1,2,3 относятся к времени травления 15,51,75 мин.

фильтра в исследованном интервале энергий ионов аргона 0,7-5 МэВ/нуклон остается постоянной.

Поскольку процесс облучения ультрафиолетом требует значительного времени, очень важно увеличить эффективность установки для облучения. Этого можно достичь путем облучения многослойных стопок пленок. Как видно из табл. 2, стопки, состоящие даже из десяти слоев 12-микронной лавсановой пленки, остаются еще прозрачными для деструктирующего ультрафиолетового излучения. Диаметры пор после этого получаются такими же, как и в случае облучения одного слоя пленки. Это имеет место как для ионов аргона, так и для ионов ксенона. /Измерения D выполнялись газодинамическим методом ^{12/} /.

Таблица 2

Зависимость диаметра пор фильтра D от числа слоев в стопке лавсановых пленок с толщиной 12 мкм. Время облучения ультрафиолетом $t_{y\phi} = 4$ и 10 часов

Число слоев в стопке	мкм	
	Облучение ионами Xe, $t_{y\phi} = 4$ часа	Облучение ионами Ar, $t_{y\phi} = 10$ часов
1	0,82	0,32
2	0,77	0,31
3	0,75	0,28
4	0,81	0,30
5	0,75	0,32
6	0,80	0,26
7	0,77	0,30
8	0,81	0,28
9	0,82	0,32
10	0,82	0,32

Было изучено влияние температуры травителя на скорость травления каналов фильтра. Результаты пред-

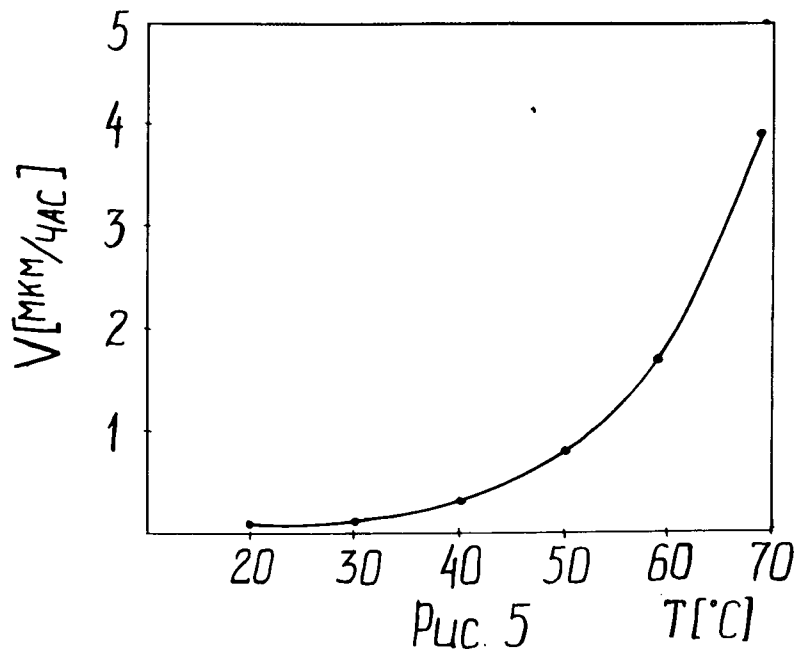


Рис. 5. Зависимость скорости травления каналов фильтра от температуры травителя.

ставлены на рис. 5. Использовался 20%-ный раствор NaOH. Температура регулировалась с точностью $\pm 0,5^\circ\text{C}$. Продолжительность ультрафиолетового облучения составляла 10 ч. Для измерения диаметров пор снова использовался газодинамический метод. Некоторые образцы фильтров контролировались с помощью электронного микроскопа.

Из рис. 5 видно, что резкое возрастание скорости травления наблюдается при температурах $T \geq 60^\circ\text{C}$, поэтому при изготовлении фильтров процесс травления следует проводить при температуре не выше $55-60^\circ\text{C}$. При этих условиях качество ядерных фильтров, изготавливаемых с помощью ионов аргона, оказывается практически таким же, как и при использовании ионов ксенона.

Литература

1. *Nuclepore, Specifications and Physical Properties, Form SPP 10 H 5/73, Nuclepore Corporation, Pleasanton, Calif., USA.*
2. Г.Н.Акапьев, В.С.Барашенков, Л.И.Самойлова, С.П.Третьякова, В.А.Щеголев. ОИЯИ, Б1-14-8214, Дубна, 1974.
3. E.V.Benton. Report VS NRDL-TR-68-14 /1968/.
4. I.Tripier et al. Proc. 8-th Int. Conf. on Nuclear Photogr. and Solid State Trace Detectors, Bucuresti, 1, 290 /1972/.
5. D.Hagegan. Proc. 8-th Suteriat Conf. Nuclear Photogr. and Solid State Fraca Detectors, Bucuresti, v. 1, p. 213, 1972.

Рукопись поступила в издательский отдел
22 апреля 1976 года.